

2. Naturwissenschaftliches Lernen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe

Kornelia Möller, Thilo Kleickmann & Kim Lange³

2.1 Forschungsstand: Befunde und Probleme

2.1.1 Bedeutung, Ziele und Förderung naturwissenschaftlichen Lernens bei jüngeren Kindern

Dass naturwissenschaftliches Lernen früh beginnen soll, ist heute (wieder) unumstritten.⁴ In fast allen Lehrplänen Deutschlands sind naturwissenschaftliche Themen im Rahmen des Schulfachs Sachunterricht in der Grundschule inzwischen fest etabliert, wobei auch physikalische und chemische Fragestellungen eingeschlossen sind. In vielen Bundesländern wird der Förderung naturwissenschaftlichen Lernens in den ersten beiden Schuljahren der Sekundarstufe zudem verstärkte Bedeutung zugemessen.

Auch in der Begründung für die Zielsetzung eines frühen naturwissenschaftlichen Lernens besteht Einigkeit: Eine bereits in der Grundschule einsetzende und kontinuierliche Förderung naturwissenschaftlicher Bildung – auch über den Schulstufenübergang hinweg – soll Kompetenzerleben und Verstehen ermöglichen, Interesse an naturwissenschaftlichen Fragen wecken, späteres Lernen begünstigen,

³ Kim Lange arbeitete als Post-Doc in der PLUS-Längsschnittstudie, Thilo Kleickmann als Post-Doc in der PLUS-Querschnitt- und Längsschnittstudie. Darüber hinaus waren noch Alexander Kauertz als Post-Doc sowie Hans Fischer und Kornelia Möller als Forschungsgruppenleiter am PLUS-Projekt beteiligt. Im PLUS-Projekt promoviert haben Anne Ewerhardy, Kim Lange und Annika Ohle; die Promotionen von Katharina Fricke, Katharina Pollmeier und Lena Walper stehen vor der Beendigung. Simone Herrlinger hat in der Arbeitsgruppe von Detlev Leutner, Susanne Mannel in der Arbeitsgruppe von Elke Sumfleth promoviert. Noch laufende Anschlussstudien zum PLUS-Projekt werden von Tina Krumbacher (Arbeitsgruppe Fischer), Mira Laux und Steffen Tröbst (beide Arbeitsgruppe Möller) durchgeführt. Wir danken allen ehemaligen und derzeitigen Doktoranden und Doktorandinnen für Beiträge zu diesem Kapitel.

⁴ Die frühe Förderung naturwissenschaftlichen Denkens war bereits in den 70er Jahren Bestandteil internationaler und nationaler Curricula. Eine falsch verstandene Wissenschaftsorientierung und eine Vernachlässigung kindlicher Denkweisen und Interessen drängten naturwissenschaftliche und technische Themen wieder aus den Lehrplänen heraus – erst das erneut erwachende Interesse an einer frühen naturwissenschaftlichen Förderung, bedingt durch Fachkräftemangel und das schlechte Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler in internationalen Vergleichsstudien führte zum wiederkehrenden Interesse an dem Bereich des frühen naturwissenschaftlichen Lernens (Möller, 2002).

zu besseren Leistungen in höheren Klassenstufen führen und vor allem dem viel beklagten und gut dokumentierten Interessensabbau bzgl. naturwissenschaftlicher Themen im Verlauf der Schulkarriere vorbeugen (Stern & Möller, 2004).

Konzeptionen zum frühen naturwissenschaftlichen Lernen orientieren sich international wie auch in Deutschland am Konzept der *scientific literacy*, also dem Konzept einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, die ein lebenslanges anschlussfähiges Lernen ermöglicht. Hierzu gehören nach Prenzel, Geisler, Langeheine und Lobemeier (2003) das Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte, naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden und Denkweisen sowie epistemologische Vorstellungen über die Besonderheiten naturwissenschaftlichen Wissens. Zudem sollen auch die Bereitschaft und das Interesse, sich mit naturwissenschaftlichen Themen auseinanderzusetzen, gefördert werden (Möller, Kleickmann & Sodian, 2011).

Eine besondere Herausforderung besteht darin, bei der Gestaltung von Unterricht die speziellen Lernvoraussetzungen jüngerer Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen. So konnte gezeigt werden, dass bereits Grundschulkinder zu einem anfänglichen Verständnis anspruchsvoller Konzepte, wie z.B. der Dichte, gelangen können, wenn der Unterricht für jüngere Kinder motivierende Fragestellungen thematisiert, Vorstellungen konstruktiv aufbaut, Gelegenheit gibt, sich mit vorhandenen Vorstellungen prüfend auseinanderzusetzen und erworbenes Wissen anzuwenden, strukturierende Hilfestellungen bereit stellt und für jüngere Kinder motivierende Fragestellungen thematisiert (Hardy, Jonen, Möller & Stern, 2006). Ein entsprechender Unterricht stellt hohe Anforderungen an Lehrkräfte, die in der Primarstufe, aber auch in den ersten beiden Jahrgangsstufen der weiterführenden Schulen häufig fachfremd unterrichten bzw. nicht hinreichend für diesen Bereich ausgebildet werden.

In der Forschung ist bisher wenig darüber bekannt, welches Professionswissen bei den in diesen Jahrgangsstufen (1. bis 6. Schuljahr) unterrichtenden Lehrkräften vorhanden ist und wie sich dieses auf die Zielerreichung auswirkt, wie Unterricht in der Primarstufe bzw. in den ersten Jahrgängen der weiterführenden Schule gestaltet ist und in welcher Weise sich die Unterrichtsgestaltung auf die Zielerreichung auswirkt, wie sich der Unterricht sowie die Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler über den Schulstufenübergang hin verändern, über welche Kompetenzen jüngere Lernende verfügen und unter welchen Bedingungen erfolgreiches Lernen in frühen Jahrgangsstufen unterstützt werden kann. Das

vorliegende Kapitel widmet sich diesen Fragen, indem es die Unterrichtsqualität im Übergang Grundschule/Sekundarstufe thematisiert und über Anlage und Ergebnisse der PLUS-Studie sowie Untersuchungen zur Gestaltung effektiver Lernsituationen berichtet.

2.1.2 Zur Bedeutung des Schulstufenüberganges für das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen

Wenn Schülerinnen und Schüler in Deutschland von der Grundschule in die weiterführenden Schulformen der Sekundarstufe übertreten, ist dieser Übergang mit einigen deutlichen Änderungen in den Rahmenbedingungen für naturwissenschaftliches Lernen verbunden. Diese Änderungen betreffen insbesondere zwei Bereiche: zum einen die Organisation des Unterrichtsfaches, in dem naturwissenschaftliche Inhalte unterrichtet werden, und zum anderen den fachlichen sowie fachdidaktischen naturwissenschaftlichen Hintergrund der unterrichtenden Lehrkräfte. In der Grundschule werden naturwissenschaftliche Inhalte im Rahmen des integrativen Faches Sachunterricht unterrichtet, d.h. naturwissenschaftliche Inhalte werden hier neben sozialwissenschaftlichen, historischen und technischen Themen und oft auch verbunden mit diesen in einem Fach unterrichtet. Eine Trennung entlang der Fachdisziplinen Biologie, Physik, Chemie und Geographie findet hier noch nicht statt. In der Sekundarstufe wird diese Trennung nach Fachdisziplinen eingeführt.

Der zweite Bereich betrifft die unterrichtenden Lehrkräfte. Grundschullehrkräfte werden i.d.R. als „fachliche Generalisten“ ausgebildet. Naturwissenschaftliche Inhalte sind dabei nicht obligatorisch. Das Fach Sachunterricht wird dadurch oft von Lehrkräften unterrichtet, die für dieses Fach oder für den naturwissenschaftlichen Lernbereich gar nicht oder unzureichend ausgebildet sind. Werden naturwissenschaftliche Inhalte im Rahmen der Ausbildung gewählt, findet darüber hinaus i.d.R. parallel noch eine Ausbildung für die Fächer Mathematik und Sprache statt; ebenso ist ein ausgiebiges pädagogisches Studium zu absolvieren. Da die Ausbildung für Grundschullehrkräfte i.d.R. zudem kürzer ist als die für Lehrkräfte der Sekundarstufe, ist der Ausbildungsumfang in den einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen deshalb vergleichsweise gering. Lehrkräfte der Sekundarstufe, insbesondere die mit Lehrberechtigung für die Sekundarstufe II, werden hingegen stärker als fachliche Spezialisten ausgebildet. Hier findet in der Ausbildung i.d.R. eine Konzentration auf zwei Fächer statt.

Naturwissenschaftliche Inhalte werden in der Grundschule und der Sekundarstufe somit von Lehrkräften mit völlig unterschiedlichem fachlichem Hintergrund unterrichtet. Es ist zu vermuten, und dafür gibt es auch erste Evidenz, dass sich Lehrkräfte der Primar- und der Sekundarstufe im Bereich der Naturwissenschaften gravierend in ihren fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen unterscheiden (Appleton, 2008; Gess-Newsome, 1999). Außerdem gibt es einige Evidenz für Disparitäten in motivationalen Orientierungen, wie der Aufgeschlossenheit für naturwissenschaftliche Inhalte (Appleton, 2008).

Es ist naheliegend anzunehmen, dass sich diese Rahmenbedingungen auf die Art und Weise, wie naturwissenschaftliche Inhalte in der Grundschule und der Sekundarstufe unterrichtet werden, auswirken. Einige Studien geben bereits erste Hinweise auf Unterschiede in der Ausgestaltung des naturwissenschaftsbezogenen Unterrichts der beiden Schulstufen. Während in der Grundschule ein schülerorientierter, lebensweltlich orientierter naturwissenschaftlicher Unterricht vorzuherrschen scheint, wird der Unterricht in der Sekundarstufe eher als lehrerzentriert und vermittelnd beschrieben (Gais & Möller, 2005; Reyer, Trendel & Fischer, 2004; Seidel, 2003; Widodo & Duit, 2004). Inwieweit diese Unterschiede auch den Unterricht im Übergang prägen und inwieweit sich Merkmale der Lehrkräfte und des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Phase des Übergangs von der Primar- in die Sekundarstufe auf das naturwissenschaftliche Lernen und die Entwicklung von motivationalen Orientierungen der Schülerinnen und Schüler auswirken, scheint vor diesem Hintergrund eine virulente Frage zu sein.

Weiteres Gewicht erhält diese Frage, wenn man Befunde zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Interessen im Laufe der Schulzeit heranzieht. Hier zeigte sich, dass Schülerinnen und Schülern gegen Ende der Grundschulzeit noch eine große Aufgeschlossenheit für naturwissenschaftliche Fragestellungen äußern (Wittwer, Saß & Prenzel, 2008). In der Sekundarstufe ist dann allerdings ein deutlicher Rückgang des Interesses an Naturwissenschaften zu verzeichnen, wobei insbesondere die Fächer Physik und Chemie betroffen sind. Der Rückgang ist bei Mädchen besonders deutlich ausgeprägt (Gardner, 1998; Jenkins & Pell, 2006). Wegen der unterschiedlichen Befundlage zum naturwissenschaftlichen Interesse in Grundschule und Sekundarstufe richtet sich der Blick auf die Übergangsphase, und es stellt sich die Frage, welche Bedeutung der naturwissenschaftliche Unterricht in dieser Phase für den Rückgang des Interesses hat. Hinweise darauf, dass der naturwissenschaftliche

Unterricht eine Rolle spielen könnte, liefern beispielsweise. Studien, die in der Sekundarstufe deutliche Interessensunterschiede zwischen Klassen fanden (Seidel, 2003). Auch Studien, die die Entwicklung von Schülerwahrnehmungen des Unterrichts in der Übergangsphase untersucht haben, geben erste Hinweise auf die Bedeutsamkeit des Unterrichts für den Interessensabfall (Speering & Rennie, 1996).

Insgesamt betrachtet scheint die Übergangsphase eine für das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen wichtige Phase darzustellen, die mit einer ganzen Reihe von Veränderungen für die Schülerinnen und Schüler einhergeht.

2.2 Fragestellungen

Das vorliegende Kapitel befasst sich vor dem skizzierten Hintergrund mit dem frühen naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen. Wir fassen darunter die Phase der Grundschulzeit und der ersten drei Jahre in der Sekundarstufe. Im Mittelpunkt steht das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen im schulischen Kontext; außerschulisches Lernen wird allenfalls am Rande thematisiert. Für die in diesem Kapitel dargestellten Untersuchungen sind zwei zentrale Fragestellungen leitend:

1. Welche Bedeutung haben Merkmale der Lehrkräfte und Merkmale des Unterrichts für die multikriteriale Zielerreichung der Schülerinnen und Schüler beim frühen naturwissenschaftlichen Lernen? Hier geht es also im Kern um Fragen der Unterrichtsqualität, d.h. um Fragen, wie das naturwissenschaftliche Lernen und die Entwicklung motivationaler Orientierungen bei den Schülerinnen und Schülern durch bestimmte Charakteristika des Unterrichts und durch bestimmte Merkmale der Lehrkräfte gefördert werden können. Auch die Frage der Entwicklung und Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz bei Schülerinnen und Schülern wird hier thematisiert.

2. Welche Bedeutung hat der Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe für das frühe naturwissenschaftliche Lehren und Lernen? Hier geht es u.a. um die Untersuchung von Unterschieden zwischen Lehrkräften, die in der Grundschule und in der Sekundarstufe naturwissenschaftlichen Unterricht erteilen, sowie um Unterschiede im naturwissenschaftlichen Unterricht zwischen den beiden Schulstufen. Außerdem wird in einer längsschnittlichen Perspektive der Frage nach der Entwicklung von naturwissenschaftsbezogenen Interessen und der Frage nach Veränderungen in der Wahrnehmung des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch die Schülerinnen und Schüler in der Übergangsphase nachgegangen.

Im folgenden Abschnitt werden diese Fragestellungen auf der Basis eines Angebots-Nutzungsmodells eingeordnet und weiter konkretisiert.

2.3 Modell zur Wirkungsweise von Unterricht

Die im Rahmen der Forschergruppe nwu-essen entstandenen Arbeiten zum frühen naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen und zum Übergang in die Sekundarstufe lassen sich gut in den aktuell diskutierten Angebots-Nutzungs-Modellen verorten. Diese theoretischen Rahmenmodelle integrieren Faktoren der Unterrichtsqualität in ein umfassendes Modell zur Beschreibung des Bedingungsgefüges von Lehren und Lernen und erlauben so eine systematische Sichtweise und Untersuchung zur Wirksamkeit von Unterricht (Brunner et al., 2006; Lipowsky, 2006, 2007). In diesen Modellen repräsentiert der von der Lehrkraft angebotene Unterricht eine Gelegenheitsstruktur (Angebot), die nicht notwendigerweise einen direkten Einfluss auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler (Wirkung) hat, sondern deren Wirkung von individuellen Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozessen (Nutzung) der Schülerinnen und Schüler abhängig ist. Neben Merkmalen des Unterrichts umfassen diese Modelle auch Merkmale der Lehrkräfte, die die Gestaltung der unterrichtlichen Angebote als zentrale Agenten beeinflussen, und Merkmale des Schul- und Klassenkontextes als weitere Einflussfaktoren, die zu Wirkungen aufseiten der Lernenden führen.

Die Variable *Lehrkraft* nimmt in diesen Modellen einen bedeutenden Raum ein, da man davon ausgeht, dass Lehrkräfte mit ihrer professionellen Kompetenz die Gestaltung des Unterrichts beeinflussen (Brunner et al., 2006; Helmke, 2010; Lipowsky, 2006). Aktuelle Konzeptionen fassen unter professioneller Kompetenz neben Wissen und Überzeugungen als kognitive Komponenten auch motivationale Orientierungen und selbstregulative Fähigkeiten als Facetten der Lehrerkompetenz (Baumert & Kunter, 2011). Das professionelle Wissen gilt dabei als zentrale Komponente (Baumert & Kunter, 2006; Bromme, 1997). Die aus dem angloamerikanischen Raum stammenden Modelle zur Unterteilung des Lehrerwissens in generisch-pädagogische, fachspezifische und fachdidaktische Anteile (Grossman, 1990; Shulman, 1986, 1987), die heute durch empirische Arbeiten zur Unterscheidbarkeit der Facetten unterstützt werden (z.B. Blömeke et al., 2008; Krauss et al., 2008), liefern einen theoretischen Bezugsrahmen für die Einordnung der Frage, welches Wissen Lehrkräfte für das erfolgreiche berufliche Handeln im Unterricht benötigen

(Baumert & Kunter, 2006; Borko & Putnam, 1996). Der von der Lehrkraft durchgeführte Unterricht stellt ein Angebot dar, dem vor allem Merkmale der Unterrichtsqualität im engeren Sinne zugeordnet werden. Hierzu zählen fachunspezifische Merkmale wie die Klassenführung und eine allgemeine Schülerorientierung sowie fachspezifische Unterrichtsqualitätsmerkmale, die Aspekte der kognitiven Aktivierung sowie der Fokussierung und inhaltlichen Kohärenz umfassen (Brunner et al., 2006; Lipowsky, 2006, 2007). Außerdem werden die Unterrichtsquantität im Sinne der zur Verfügung stehenden aktiven Lernzeit und die Qualität des Lehrmaterials als Facetten des unterrichtlichen Angebotes modelliert.

Daneben berücksichtigen Angebots-Nutzungs-Modelle die kognitiven, motivationalen und volitionalen Eingangsvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler, die die Nutzung von Lernangeboten beeinflussen. Hierzu gehören Variablen wie z.B. Intelligenz, Vorkenntnisniveau, Fähigkeitsselbstkonzept und Lernemotion. Ein weiterer Einfluss wird von sog. Kontextmerkmalen angenommen. Hier werden Merkmale der unterrichteten Klasse, wie ihre Zusammensetzung und ihre Eingangsvoraussetzungen, aber auch Merkmale des schulischen, ökonomischen und kulturellen Kontexts, wie z.B. die Schulstufe, sowie curriculare Vorgaben modelliert. Des Weiteren wird besonders betont, dass unter dem Stichwort Kontext auch die Fach- und Altersspezifität von Forschungsergebnissen zu berücksichtigen ist (Helmke, 2010). Da Kinder und Jugendliche auch außerhalb der schulischen Lerngelegenheiten Wissen erwerben, Interessen entwickeln usw., werden auch außerschulische Lerngelegenheiten mit aufgenommen (Lipowsky, 2006).

Die Angebots-Nutzungs-Modelle ermöglichen eine angemessene Modellierung des komplexen Zusammenspiels von Lehrermerkmalen, Unterrichtsgestaltung sowie systemischen Bedingungen und der Entwicklung von Zielkriterien aufseiten der Schülerinnen und Schüler unter Berücksichtigung individueller Lernvoraussetzungen sowie auch deren Interaktionen untereinander (Brunner et al., 2006; Helmke, 2010; Lipowsky, 2006). Die Aufklärung ebenjener Wirkzusammenhänge kann als Ziel der naturwissenschaftlichen Unterrichtsqualitätsforschung allgemein, aber auch der fachdidaktischen Unterrichtsforschung zum frühen naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen angesehen werden. Dabei sollen neben Merkmalen von „gutem“ naturwissenschaftlichem Unterricht auch Merkmale von Lehrkräften, Lernenden und systemischen Bedingungen identifiziert werden, die sich positiv auf das Erreichen von unterrichtlichen Zielen auswirken. Die untersuchten Zielkriterien umfassen

sowohl leistungsbezogene Ziele wie das fachbezogene oder auf den Forschungsprozess bezogene Wissen der Schülerinnen und Schüler als auch motivationale sowie persönlichkeitsbezogene Variablen wie das Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht oder Selbstwirksamkeitserwartungen in Bezug auf die Naturwissenschaften. Über die Frage nach Zusammenhängen zwischen den einzelnen Erklärungsblöcken hinaus, ist auch die Beschreibung und Erklärung von intraindividuellen Veränderungen in den einzelnen leistungsbezogenen und nichtleistungsbezogenen Zielkriterien und Mediationsvariablen über die Zeit von großer Bedeutung im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Im Hauptfokus der Untersuchungen zum frühen naturwissenschaftlichen Lernen im Rahmen der Forschergruppe nwu-essen standen zum einen Merkmale von Unterricht (Ewerhardy, 2011; Ewerhardy, Kleickmann & Möller, 2012; Fricke, van Ackeren, Kauertz & Fischer, 2012) bzw. von text- und bildbasierten Lernmaterialien (Herrlinger, 2011) sowie das professionelle Wissen von Lehrkräften (Lange, 2010; Lange, Kleickmann, Tröbst & Möller, 2012; Ohle, 2010; Ohle, Fischer & Kauertz, 2011) und deren Bedeutung für die Erreichung von Zielkriterien. In der letzten Phase der Forschergruppe rückte zudem die Beschreibung der intraindividuellen Veränderungen im Interesse (Walper, Dissertation in Vorbereitung) sowie in der Unterrichtswahrnehmung (Pollmeier, Dissertation in Vorbereitung) der Lernenden über den Schulstufenübergang in den Fokus der Analysen.

Um diesen spezifischen Fragen nach Zusammenhängen und Veränderungen nachgehen zu können, mussten unterschiedliche Erhebungsinstrumente zur Erfassung der Merkmale des Unterrichts und der Lehrkräfte, aber auch Erhebungsinstrumente zur Erfassung der Zielkriterien aufseiten der Lernenden entwickelt werden. Die anspruchsvolle Aufgabe der Messung von Kompetenzen bei jungen Schülerinnen und Schülern stellt einen weiteren Schwerpunkt der in diesem Kapitel vorgestellten Arbeiten in der Forschergruppe dar (Mannel, 2011). Da die meisten der im Folgenden vorgestellten Arbeiten im Zuge des sog. PLUS-Projektes (Professionswissen von Lehrkräften, naturwissenschaftlicher Unterricht und Zielerreichung im Übergang von der Primar- in die Sekundarstufe) durchgeführt wurden, widmet sich der erste Teil des vorliegenden Beitrages diesem Projekt und den daran angeschlossenen Dissertationsvorhaben. Dazu soll zunächst auf das Design und die Stichprobe der PLUS-Studie eingegangen werden (2.4.1), bevor der Beschreibung der Erhebungsinstrumente ein eigener Abschnitt (2.4.2) gewidmet wird. In Abschnitt 2.5 wird über

die Ergebnisse der im Rahmen des PLUS-Projektes entstandenen Studien berichtet. Für die Strukturierung der vielen Teilfragestellungen wird in diesen Abschnitten die Systematik des Angebots-Nutzungs-Modells aufgegriffen. Dazu werden zunächst Erhebungsinstrumente bzw. Ergebnisse mit Blick auf die Lehrkräfte, dann mit Blick auf den Unterricht und medierende Variablen und zuletzt in Bezug auf die Zielvariablen vorgestellt. In Abschnitt 2.6 wird der Blickwinkel erweitert und Methoden und Ergebnisse von zwei weiteren Studien zum frühen naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen werden vorgestellt, bevor im letzten Abschnitt der Ertrag der unterschiedlichen Studien zusammengefasst und diskutiert wird.

2.4 Methode der PLUS-Studie

2.4.1 Anlage der Studie

Im Fokus des Plus-Projektes stand die Untersuchung des physikbezogenen Sachunterrichts am Ende der Grundschulzeit und des physikbezogenen Anfangsunterrichts in der Sekundarstufe. Im Rahmen der Studie wurden Unterschiede im Professionswissen von Lehrkräften und Unterschiede im naturwissenschaftlichen Unterricht in Klasse 4 und 6 sowie Zusammenhänge des Professionswissens und des naturwissenschaftlichen Unterrichts mit der multikriterialen Zielerreichung seitens der Schülerinnen und Schüler in der Primar- und Sekundarstufe untersucht. Dazu wurden 60 Lehrkräfte aus der Primar- und 54 Lehrkräfte der Sekundarstufe (in der Sekundarstufe 28 Hauptschul- und 26 Gymnasiallehrkräfte) gebeten, eine Unterrichtsreihe zum Thema *Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser* (im Folgenden kurz *Aggregatzustände*) im Umfang von sechs Unterrichtsstunden in ihren Klassen durchzuführen. Dieses Thema wurde gewählt, da es sowohl in der Primarstufe als auch in der Sekundarstufe als Standardthema curricular verankert ist. Der Unterricht wurde von den Lehrkräften selbst geplant, wozu sie vonseiten des Projektes lediglich eine Themenbeschreibung erhielten. Die jeweils erste Doppelstunde der Unterrichtsreihe wurde videografiert. Direkt vor und kurz nach der Unterrichtseinheit (ca. 3 bis 7 Tage) bearbeiteten die teilnehmenden Klassen einen Test zum begrifflichen und konzeptuellen Wissen im Bereich *Aggregatzustände* sowie Fragebögen, die neben motivationalen und selbstbezogenen Zielkriterien auch allgemeine Schülermerkmale und den physikbezogenen Unterricht aus Sicht der

Schülerinnen und Schüler erfassten. Darüber hinaus wurden Informationen zum sozioökonomischen Hintergrund der Schülerinnen und Schüler über einen Elternfragebogen erfasst. Die Lehrkräfte bearbeiteten Fragebögen und Tests zu ihrem beruflichen Hintergrund, zu motivationalen Aspekten, ihren fachspezifischen Überzeugungen zum Lehren und Lernen sowie zu verschiedenen Facetten ihres Professionswissens.

Die Stichprobe der Lehrkräfte und ihrer Klassen wurde im Bundesland Nordrhein-Westfalen im Umkreis von Essen und Münster über die Schulleitungen rekrutiert. Die Teilnahme an der Studie war für die Schulen und Lehrkräfte freiwillig. Die Stichprobe der Grundschullehrkräfte umfasste 15% männliche Lehrkräfte, das durchschnittliche Alter lag bei 43,3 Jahren ($SD = 12,3$ Jahre). Die teilnehmenden Gymnasiallehrkräfte waren zu 84% männlich und durchschnittlich 41,9 Jahre alt ($SD = 12,0$ Jahre). In der Stichprobe der Hauptschullehrkräfte waren zu 50% weibliche Lehrkräfte vertreten und das Durchschnittsalter betrug in dieser Kohorte 45,6 Jahre ($SD = 11,9$ Jahre). Die Schülerstichprobe in der Grundschule umfasste insgesamt 1326 Lernende (59 Klassen der Jahrgangsstufe 4, eine der Jahrgangsstufe 3). 47% der Lernenden waren weiblich. Das mittlere Alter der Lernenden betrug 10,3 Jahre ($SD = 0,63$). Die Schülerstichprobe des Gymnasiums umfasste 753 Schülerinnen und Schüler, von denen 52% Mädchen waren. In der Hauptschule partizipierten 601 Lernende, von denen 42% Mädchen waren. Das mittlere Alter der Sekundarschülerinnen und -schüler betrug 12,2 Jahre. Alle besuchten die 6. Jahrgangsstufe.

An den querschnittlichen Teil der Studie schloss sich die Längsschnittstudie „Entwicklung der Wahrnehmung naturwissenschaftlichen Unterrichts durch Schülerinnen und Schüler in der Übergangsphase von der Primar in die Sekundarstufe und Zusammenhänge mit der Entwicklung motivationaler und selbstbezogener Zielbereiche“ (Längsschnitt PLUS) an. Diese zielte auf die Beschreibung der Entwicklung in den motivationalen und selbstbezogenen Zielkriterien in Bezug auf physikalische Inhalte und physikbezogenen Unterricht sowie die Beschreibung der Entwicklung der Wahrnehmung des physikbezogenen Unterrichts über den Schulstufenübergang. Übergeordnet wurde die Frage nach der Bedeutung von Veränderungen in den Schülerwahrnehmungen von Unterricht für die Entwicklung von Interessen und selbstbezogenen Variablen in der Übergangsphase bis in die 7. Klasse verfolgt. In einer Verzahnung von Quer- und Längsschnitt wurde ein Teil der 1326 Schülerinnen und Schüler der Stichprobe im 4. Schuljahr über den Übergang hinweg in jedem

Schuljahr bis zur 7. Klasse befragt. Die Erhebung nach dem Übertritt konzentrierte sich auf die Hauptschule und das Gymnasium, bezog aber im Essener Raum auch Gesamt- und Realschulen mit ein. Die Erhebung der Gesamtklassen ermöglichte es, Referenzgruppeneffekte⁵ mit zu modellieren und in den entsprechenden Analysen zu kontrollieren. Die Unterrichtswahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler wurden über Fragebögen erhoben (sofern im jeweiligen Schuljahr Physikunterricht stattgefunden hatte). Die zentralen abhängigen Variablen (bereichsspezifische motivationale und selbstbezogene Zielkriterien) wurden im jährlichen Turnus mit Hilfe von Fragebögen erhoben. Ein Test zum physikbezogenen Wissen wie auch ein Zusatzfragebogen, der Indikatoren zum sozialen Hintergrund sowie zum Image von Naturwissenschaften erfasste, wurden einmalig zu Beginn der 6. Klasse in den vollständigen Klassen eingesetzt. Aufseiten der Lehrkräfte wurden neben bereichsspezifischen Überzeugungen zum Lehren und Lernen auch motivationale Orientierungen erhoben.

Durch die Verschränkung der beiden Studien wurde die Stichprobe zum ersten Messzeitpunkt aus der oben beschriebenen Kohorte der Viertklässler der Querschnittstudie gebildet. Nach dem Wechsel auf die weiterführende Schule konnten ca. 588 Schülerinnen und Schüler weiter verfolgt werden (sog. echte Längsschnittschülerinnen und -schüler). Zu den echten Längsschnittschülerinnen und -schülern kamen ca. 3975 Lernende hinzu, die im 4. Schuljahr nicht an der PLUS-Längsschnittstudie teilgenommen hatten. Die Stichprobe von ca. $n = 4564$ Schülerinnen und Schüler verteilte sich auf 169 verschiedene Klassen. Die Verteilung der Lernenden auf die unterschiedlichen weiterführenden Schulformen sah wie folgt aus: 736 Schülerinnen und Schüler besuchten nach dem Übergang die Hauptschule und verteilen sich auf 34 Klassen, 2565 Lernende wechselten auf das Gymnasium und verteilten sich auf 88 verschiedene Klassen, auf die Gesamtschule gingen 647 Schülerinnen und Schüler (22 Klassen) und die Realschule wurde von 615 Lernenden besucht (25 Klassen). Bei 35 Schülerinnen und Schülern konnte im fünften Schuljahr kein Fragebogen erhoben werden, wenngleich sie Schülerin oder Schüler der teilnehmenden Klasse waren. Im sechsten Schuljahr (Messzeitpunkt 3) konnten 134 Schulklassen mit ca. 3823 Schülerinnen und Schülern weiterverfolgt werden.

⁵ Referenzgruppeneffekte beschreiben die Abhängigkeit der Entwicklung von selbstbezogenen Variablen vom Leistungsniveau der Referenzgruppe, also z.B. der Schulklasse (Trautwein & Baeriswyl, 2007).

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich bei dieser Stichprobenbeschreibung um die Beschreibung der Gesamtsamples der PLUS-Studien handelt. Für die angegliederten Dissertationen und publizierten Arbeiten wurde je nach Art der Fragestellung nur auf einen Teil der Daten zurückgegriffen, so dass die Stichprobengrößen variieren können.

2.4.2 Instrumente

Zur Erfassung der Merkmale von Lehrkräften, des Unterrichts sowie der Schülerinnen und Schüler wurden verschiedene Ansätze und Verfahren verwendet. Bevor die Instrumente im Einzelnen vorgestellt werden, sollen zunächst noch einige eher grundsätzliche Herangehensweisen an die Erfassung der Merkmale dargestellt werden.

Einen wichtigen Untersuchungsbereich stellte das naturwissenschaftsbezogene professionelle Wissen der Lehrkräfte dar. Dieses umfasst Fachwissen und fachdidaktisches Wissen im Bereich Naturwissenschaften. Zur direkten Erfassung dieses Wissens mittels Tests lagen bislang nur erste Ansätze vor. Im Rahmen der hier vorgestellten Studien entstanden Tests zum Fachwissen und zum fachdidaktischen Wissen im Bereich Naturwissenschaften, die sowohl bei Lehrkräften der Primar- als auch der unteren Sekundarstufe eingesetzt werden können.

Der naturwissenschaftliche Unterricht selbst wurde mehrperspektivisch erfasst. Neben der Perspektive der Schülerinnen und Schüler wurde auch die der Lehrkräfte sowie die Perspektive geschulter Beobachter, denen Videoaufzeichnungen des Unterrichts vorlagen, berücksichtigt. In früheren Studien (z.B. Clausen, 2002) hatte sich gezeigt, dass je nach Fragestellung unterschiedliche Perspektiven valide Aussagen über die Beschaffenheit des Unterrichts zulassen.

Hinsichtlich der Zielbereiche naturwissenschaftlichen Unterrichts bestand der Anspruch, multiple Ziele zu erfassen, d.h. sich nicht nur auf leistungsbezogene Kriterien zu beschränken, sondern auch nicht leistungsbezogene Zielvariablen aufzunehmen.

Eine besondere Herausforderung stellte die Erfassung schülerbezogener Merkmale dar, da es sich bei den in diesem Kapitel vorgestellten Untersuchungen um Studien mit jungen Kindern im Alter von etwa 8 bis 14 Jahren handelte. Insbesondere bei den Grundschulkindern stellte die noch beschränkte Lesekompetenz eine Herausforderung für die Entwicklung von Instrumenten dar. Hier wurden Verfahren entwickelt,

die mit vergleichsweise geringen Anforderungen an Lesekompetenz und Arbeitsgedächtnis auskommen.

Eine in vielen schulstufenübergreifenden Studien nicht thematisierte Frage ist die nach der Messäquivalenz der Instrumente in den unterschiedlichen Schulstufen. Hierbei geht es darum, ob die Instrumente in den unterschiedlichen Settings der Schulstufen auch die gleichen Konstrukte erfassen. Hier wurden zumindest für einige der Instrumente gezielte Analysen vorgenommen (siehe Abschnitt 2.4.2.5).

2.4.2.1 Instrumente zur Erfassung von Merkmalen der Lehrkräfte

Im Rahmen von PLUS wurden Instrumente zur Erfassung der verschiedenen Facetten der professionellen Lehrerkompetenz entwickelt. Dabei konnte im Bereich der Überzeugungen auf bestehende Instrumente zurückgegriffen werden (Kleickmann, 2008). Die Erfassung des physikbezogenen Professionswissens stellte eine Herausforderung dar, da Studien mit theoretischer Konzeptualisierung und direkter empirischer Erfassung des Professionswissens bis zum Beginn der Studie nur im Bereich Mathematik vorlagen (Hill, Rowan & Ball, 2005; Krauss et al., 2004). Die Entwicklung solcher Tests im Bereich der Naturwissenschaften bildete daher einen Schwerpunkt im PLUS-Projekt, weshalb im Folgenden zunächst detaillierter die Konzeptualisierungen und Operationalisierungen des fachlichen und fachdidaktischen Wissens sowie die Konstruktion der entwickelten Tests zur Erfassung der Wissensbereiche beschrieben werden. In einem weiteren Abschnitt finden motivationale Lehrermerkmale Berücksichtigung, die u.a. über den Enthusiasmus der Lehrkräfte erfasst wurden.

Fachliches Wissen der Lehrkräfte. Im Rahmen des PLUS-Projektes wurde ein Test zur Erfassung des fachspezifischen physikalischen Professionswissens von Lehrkräften zum Themenbereich *Aggregatzustände* entwickelt (Ohle, 2010). Als Grundlage für eine inhaltssvalide Itementwicklung wurde ein zweidimensionales Modell aus Komplexitätsniveaus und Inhaltsbereichen verwendet (Kauertz, 2007). Die Dimension *Komplexität* beschreibt die Schwierigkeit der Items auf den drei Stufen *einzelne Fakten*, *einfache Zusammenhänge* und *übergeordnete physikalische Konzepte*. Items mit der geringsten Komplexität fragten nach einzelnen voneinander losgelösten Fakten, beispielsweise nach Begriffen, einfachen Ausdrücken oder Fachtermini. Bei Aufgaben auf dem Niveau *Zusammenhang* mussten Relationen zwischen einzelnen Fakten zur Lösung der gestellten Aufgabe hergestellt werden. Diese Aufgaben fragten nach Begründungen, Abhängigkeiten und Beziehungen einzelner

Fakten untereinander. Aufgaben auf dem Niveau *Konzept* forderten die sachlogische Verknüpfung von Zusammenhängen. Charakteristisch für dieses Komplexitätsniveau waren Aufgaben, zu deren Lösung grundlegende physikalische Gesetze, wie zum Beispiel die Erhaltung und Umwandlung von Energie, angewendet werden mussten. Die zweite Dimension des Modells wird durch *Inhaltsbereiche* definiert und beschreibt das Wissen in Bezug auf die Herkunft der Items. Es wurden insgesamt 11 Schulbücher aus der Primar- und Sekundarstufe sowie Universitätslehrwerke analysiert und zentrale Aspekte des Themas *Aggregatzustände* auf den einzelnen Niveaustufen identifiziert und anschließend in Items überführt. Insgesamt bestand der Fachwissenstest aus 38 Multiple-Choice-Items, die zum eindimensionalen Raschmodell passten ($-1.8 < T < 1.1$ und $0.83 < MNSQ < 1.16$). Auch die Reliabilität des Tests war mit $EAP/PV = .884$ zufriedenstellend.

Fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte. Im Rahmen des PLUS-Projekts wurde zudem ein Wissenstest zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens im Inhaltsbereich *Aggregatzustände* entwickelt (Lange, 2010). Die theoretische Grundlage für die Erfassung des fachdidaktischen Wissens der Lehrkräfte bildeten nationale und internationale Modellierungen des fachdidaktischen Wissens (z.B. Magnusson, Krajcik & Borke, 1999; Shulman, 1987). Die Erfassung fokussierte die Facetten *Wissen über Bedingungen des Lernens* und *Wissen über instruktionale Aktivitäten* mit Hilfe eines Papier- und Bleistift-Tests. Es wurden insgesamt 14 Aufgaben mit überwiegend offenem Antwortformat entwickelt. Die Operationalisierung der beiden Komponenten wurde in Anlehnung an die Literatur zum Professionswissen, aber auch in Anlehnung an konstruktivistisch orientierte Lehr-Lern-Theorien (z.B. Gerstenmaier & Mandl, 1995), vor dem Hintergrund der Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen (z.B. Duit, 1997; Wandersee, Mintzes & Novak, 1994) und zur Gestaltung von *Conceptual Change*-fördernden Lernumgebungen (z.B. Hardy et al., 2006; Scott, Asoko & Driver, 1992) vorgenommen: Im Bereich *Wissen über Bedingungen des Lernens* wurden Lehrkräfte in Aufgaben aufgefordert, alle ihnen bekannten typischen Schülervorstellungen oder Lernschwierigkeiten zu einem bestimmten Phänomen im Inhaltsbereich *Aggregatzustände* anzugeben. In anderen Aufgaben mussten Schüleraussagen hinsichtlich ihres Inhaltes oder ihrer Anschlussfähigkeit analysiert oder sachbedingte Lernschwierigkeiten beschrieben werden. Zur Erfassung des *Wissens über instruktionale Aktivitäten* wurden die Lehrkräfte gebeten, geeignete Versuche zur Unterstützung von Verständnisprozessen zu skizzieren bzw. vorge-

gebene Versuche zu bewerten. In anderen Aufgaben wurden Lehrkräfte aufgefordert, im Sinne der horizontalen und vertikalen Vernetzung, Themen zu identifizieren, die vor der Einführung neuer Konzepte (z.B. Verdunstung) im Unterricht thematisiert werden sollten.

Für die Bepunktung der Antworten wurde ein Kategoriensystem entwickelt. Die Kategorien zur Bestimmung der Angemessenheit der Antworten wurden aus empirischen Studien oder aus den oben aufgeführten Theorien zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen abgeleitet. Die Auswertungsobjektivität wurde durch die Doppelkodierung von ca. 20% des Pilotmaterials und die Berechnung der Beurteilerübereinstimmung (mittlere ICC_{unjust} , zweifakt. = .92, Range: .80-1.0; Wirtz & Caspar, 2002) sichergestellt. Die Reliabilität des Gesamttests lag bei Cronbachs $\alpha = .65$. Unter Rückgriff auf Daten des Gesamtprojektes und durch eine zusätzlich durchgeführte Validierungsstudie mit Kontrastgruppenanalysen wurden Evidenzen in Hinblick auf die Validität des eingesetzten Tests gesammelt, über die an anderer Stelle berichtet wurde (Lange, Kleickmann & Möller, 2012).

Motivationale Orientierung von Lehrkräften. Motivationale Orientierung von Lehrkräften beschreiben habituelle und individuelle Unterschiede in Zielen, Präferenzen, Motiven und affektiv-bewertenden Merkmalen, die in Interaktion mit anderen Persönlichkeits- und Kontextmerkmalen bestimmen, welche Verhaltensweisen Lehrkräfte zeigen (Kunter, 2011). Als ein motivationales Merkmal wird in der Forschung zu Lehrkräften das Konzept des Enthusiasmus verwendet. Enthusiasmus beschreibt ein positives affektives Erleben bei der Ausübung einer Tätigkeit. In Bezug auf die Ausübung des Berufes von Lehrkräften wird theoretisch zwischen einer tätigkeitsbezogenen und einer fachbezogenen Dimension des Enthusiasmus unterschieden, nämlich dem Enthusiasmus für das Unterrichten und dem Enthusiasmus für das Unterrichtsfach (Kunter et al., 2008).

Zur Erfassung des Enthusiasmus von Lehrkräften im PLUS-Projekt wurde ein likert-skaliertes Fragebogen mit einem fünfstufigen Antwortformat entwickelt, der den physikbezogenen Unterricht bzw. physikalische Inhaltsgebiete fokussierte. Drei Items bezogen sich auf den *Unterrichtsenthusiasmus* („Ich habe Interesse daran, Physik zu unterrichten.“), und drei weitere Items auf den *Fachenthusiasmus* („Mich mit physikalischen Inhalten zu beschäftigen, macht mir großen Spaß.“). Die Reliabilität (Cronbachs α) lag für den Unterrichtsenthusiasmus bei .83, für den Fachenthusiasmus bei .78. Die moderate, aber statistisch bedeutsame Korrelation

(Kendalls' t) zwischen den beiden Skalen von .43 deutet darauf hin, dass separate Konstrukte erfasst worden sind.

Ferner wurden im PLUS-Projekt selbstbezogene Kognitionen (Selbstwirksamkeitserwartungen und Fähigkeitsselbstkonzept) sowie Zielorientierungen der Lehrkräfte erfasst, auf die in diesem Beitrag nicht näher eingegangen werden kann.

2.4.2.2 Erfassung der Lerngelegenheiten im Unterricht

Es wurden zwei zentrale Merkmale von physikbezogenem Unterricht in den Blick genommen: *Verständnisorientierung* und *Klassenführung*. Die Erfassung dieser beiden Merkmale durch Videoanalysen wird im Folgenden dargestellt. Auf Fragebogeninstrumente, die die beiden Konstrukte aus Perspektive der Schülerinnen und Schüler erfassen, wird in Abschnitt 2.4.2.3 eingegangen.

Verständnisorientierung. Das Video-Instrument zur Erfassung der Verständnisorientierung wurde von Anne Ewerhardy entwickelt. Das Unterrichtsmerkmal Verständnisorientierung umfasst lernunterstützende Maßnahmen der Lehrkraft, die aus drei Theoriebereichen abgeleitet wurden: *Conceptual Change*, *Social Constructivism* und *Situated Cognition* (Ewerhardy, 2011; Ewerhardy et al., 2012). Basierend auf diesen Theorien wurde ein Instrument zur Analyse von Unterrichtsvideos durch geschulte Beurteilerinnen und Beurteiler erstellt. Die aus den o.g. Theorien abgeleiteten lernunterstützenden Maßnahmen wurden unter Rückgriff auf bestehende Videoinstrumente (Rakoczy & Pauli, 2006; Vehmeyer, 2010) vier Bereichen zugeordnet: (1.) Umgang mit Schülervorstellungen, (2.) Strukturierung, (3.) Kommunikation und Aushandlung von Bedeutungen und (4.) Phänomen- und Problemorientierung. Zur Erfassung der Verständnisorientierung des Unterrichts wurde ein hoch-inferentes Video-Ratingmanual entwickelt, indem zu jedem der vier Bereiche konkrete Maßnahmen operationalisiert wurden. Es entstanden in induktiven und deduktiven Entwicklungs-Prozessen insgesamt 22 Items. Durch die in der Sichtstrukturanalyse vorgenommenen Einteilungen der Videos in Klassenunterrichts- und Schülerarbeitsphasen kamen die Analyseeinheiten des hoch-inferenten Ratings zustande: Die Klassenunterrichtsphasen (im Mittel 35% der Video-Zeit) wurden bei jedem Unterrichtsvideo zusammenhängend betrachtet und als eine gesamte Beurteilungseinheit bewertet. Anschließend wurde mit allen Schülerarbeitsphasen (im Mittel 44% der Video-Zeit) ebenso verfahren. Beurteilungen von Items, die auf den gesamten Unterricht bezogen sind, wurden im Anschluss an die (Gesamt-)Beurteilungen der Klassenunterrichts- und Schülerarbeitsphasen vorge-

nommen. Eine Stichprobe von 60 Videos aus dem PLUS-Projekt (30 aus der Grundschule und je 15 aus der Hauptschule und dem Gymnasium) wurde von zwei geschulten Ratern beurteilt (Übereinstimmung der Rater: ICC = .82). Die interne Konsistenz der 22 Items beträgt .89 (Cronbachs α) (siehe auch Ewerhardy, 2011; Ewerhardy et al., 2012).

Klassenführung. Das Video-Instrument zur Erfassung der Klassenführung wurde von Katharina Fricke entwickelt. Bei dem Unterrichtsmerkmal Klassenführung handelt es sich um ein facettenreiches Konstrukt (Evertson & Weinstein, 2006). Im Rahmen von PLUS wurde Klassenführung in Anlehnung an Helmke (2010) als ein Konstrukt bestehend aus reaktiven, präventiven und proaktiven Handlungskomponenten verstanden. Untersucht wurden demzufolge sowohl disziplinarische Verhaltensmuster als auch präventive Lehreraktivitäten sowie die Existenz und Einhaltung klarer, physikspezifischer Regeln und Rituale. Um einen möglichst weiten Blickwinkel auf die Unterrichtsrealität hinsichtlich dieses Konstrukts zu erhalten, wurde sowohl die Perspektive externer, geschulter Beobachter (Videoanalyse) als auch die Sicht der Schülerinnen und Schüler erfasst. In diesem Abschnitt wird das Videoanalyse-Instrument beschrieben; der Fragebogen zur Erfassung der Sicht der Schülerinnen und Schüler wird in Abschnitt 2.4.2.3 dargestellt.

Entsprechend der zugrundeliegenden Definition wurde *Klassenführung* anhand der Konstrukte *Disziplin*, *Regelklarheit* und *Störungsprävention* operationalisiert. Hierzu wurden zur Analyse von 50 Grundschul-, 28 Hauptschul- und 25 Gymnasialvideos à 90 Minuten insgesamt drei Kodiermanuale entwickelt, die eine Kodierung in Intervallen von je 15 Sekunden vorsehen. Fokussiert wurde hauptsächlich das Verhalten der Lehrkraft, z.B. wie die Lehrkraft auf Unterrichtsstörungen reagiert, inwiefern sie Regeln und Rituale einsetzt und welche präventiven Maßnahmen im Unterricht deutlich werden. Berücksichtigt wurde aber auch das Schülerverhalten: Zum einen das Ausmaß störender Schülerverhaltensmuster und zum anderen die Einhaltung der Regeln und Rituale. Die Kodierung der Klassenführung erfolgte in drei Kodiervorgängen. Dabei bildete die Disziplin Kodierung die Grundlage für die Kodierung des Regel- und Ritualeinsatzes sowie des störungspräventiven Verhaltens der Lehrkraft. Zur Prüfung der Beurteilerübereinstimmung wurden zunächst 10% der Videos von zwei geschulten Beurteilern kodiert. Dann wurde mittels des Maßes Cohens Kappa (κ) die Übereinstimmung der Beurteiler berechnet. Als zufriedenstellend gelten dabei Werte ab .6, wobei ab Werten von .75 von guter Übereinstimmung gesprochen wird

(Wirtz & Caspar, 2002). Die Beurteilerübereinstimmungen lagen im Bereich *Reaktion auf Störungen* im Durchschnitt bei .78, im Bereich *Einsatz von Regeln und Ritualen* bei .92 und im Bereich *Präventive Maßnahmen* im Mittel bei .83. Sie sind damit als gut zu bewerten.

2.4.2.3 Individuelle Unterrichtswahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler

Neben den Instrumenten zur Analyse des Unterrichts anhand von Videos wurden Instrumente zur Wahrnehmung des Unterrichts durch die Lernenden hinsichtlich der Verständnisorientierung des Unterrichts und der Klassenführung entwickelt.

Wahrnehmung der Verständnisorientierung des Unterrichts. Die Wahrnehmung der Verständnisorientierung des Unterrichts wurde mit einem Fragebogen bei den Schülerinnen und Schülern erfasst. Hierzu wurden ebenfalls auf der Grundlage von Theorien zu *Conceptual Change*, *Social Constructivism* und *Situated Cognition* Items zu lern-unterstützenden Maßnahmen entwickelt und anhand von theoretischen Erwägungen und Faktorenanalysen zu den folgenden fünf Skalen zusammengefasst: *Kognitiv aktivierende Schülerversuche*, *praktische Aktivitäten*, *Alltagsbezug*, *schülergenerierte Erklärungen* und *fehlende Klarheit*. Die Items der Skala *kognitiv aktivierende Schülerversuche* gehen der Frage nach, inwieweit die Schülerinnen und Schüler durch die im Unterricht durchgeführten Versuche kognitiv angeregt werden und inwieweit es durch die Versuche zu einer Veränderung in den Konzepten der Lernenden gekommen ist. Die Skala *praktische Aktivitäten* bezieht sich auf Handlungen im Unterricht und fragt die Lernenden, ob sie im Unterricht die Möglichkeit hatten, eigenständig Versuche durchführen und etwas selbst herstellen zu können. In der Skala *Alltagsbezug* geht es um die Frage, ob die Lehrkraft den Alltag der Lernenden in den Unterricht mit einbezieht und die Lernenden dazu auffordert, die Unterrichtsinhalte auf bekannte Alltagsphänomene zu übertragen. Die Skala *schülergenerierte Erklärungen* verfolgt die Frage, inwieweit die Lehrkraft eigenen Erklärungen der Schülerinnen und Schüler im Unterricht Raum gibt und dabei auch unzulängliche Erklärungen zulässt. Die Skala *fehlende Klarheit* bezieht sich auf die Verständlichkeit und Klarheit der Kommunikation zwischen Lernenden und Lehrkraft. Hier geht es um die Frage, ob die Lehrkraft den Unterricht in Sprache und Struktur so auf die Lernenden anpasst, dass es zu keiner kognitiven Überlastung auf Seiten der Schülerinnen und Schüler kommt. Die Skalen bestehen aus je drei bis fünf Aussagen, denen die Schülerinnen und Schüler auf einer vierstufigen Likert-

Skala zustimmen können. Sie beziehen sich auf den von den Schülerinnen und Schülern erlebten physikbezogenen Sach- bzw. Physikunterricht.

Der Schülerfragebogen zur Wahrnehmung der Verständnisorientierung des Unterrichts wurde zunächst in der Querschnittuntersuchung (4. Klasse Grundschule und 6. Klasse Hauptschule bzw. Gymnasium) zu drei Messzeitpunkten eingesetzt: vor der Unterrichtreihe, nach der ersten Doppelstunde und nach der gesamten Unterrichtsreihe zum Thema *Aggregatzustände*. Bei der ersten Messung sollten die Lernenden an die letzten beiden Themen des physikbezogenen Unterrichts denken, zum zweiten Messzeitpunkt an die gerade erlebte Unterrichtsstunde und zum dritten Messzeitpunkt an die gesamte Unterrichtsreihe zum vorgegebenen Thema. Die Reliabilitäten aller drei Messungen lagen im zufriedenstellenden Bereich.

Die Skalen wurden ebenfalls im Längsschnitt (Jahrgangsstufen 4 bis 7) eingesetzt; hier wurden die Lernenden bei der Beantwortung der Items dazu aufgefordert, an die letzten beiden Physikthemen zurückzudenken, die im Rahmen ihres Sach- bzw. Physikunterrichts unterrichtet worden waren. Die in Tabelle 2.1 berichteten Werte zeigen für die beiden ersten Längsschnittzeitpunkte (der 1. Messzeitpunkt des Längsschnittes ist dabei identisch mit der Erhebung vor dem Unterricht *Aggregatzustände* im Rahmen der Querschnittstudie), dass die Reliabilität der Skalen als befriedigend bis gut eingeschätzt werden kann. Darüber hinaus konnte mittels konfirmatorischer Faktoranalysen gezeigt werden, dass sich alle Skalen als eigenständige Faktoren abbilden.

Tabelle 2.1: Wahrnehmung der Verständnisorientierung im physikbezogenen Unterricht (Längsschnitt-Sample)

Skala	Items	α 4. Kl.	α 5. Kl.
Kognitiv aktivierende Schülerversuche			
<i>Wir konnten oft etwas beobachten, das uns überrascht.</i>	5	.66	.83
Praktische Aktivität			
<i>Wir konnten viele Versuche selbst durchführen.</i>	3	.64	.83
Alltagsbezug			
<i>Unsere Lehrerin fordert uns immer wieder dazu auf Beispiele aus unserem Alltag zu nennen.</i>	5	.76	.83
Schülergenerierte Erklärungen			
<i>Unsere Lehrerin interessiert sich für unsere Erklärungen.</i>	5	.64	.85
Fehlende Klarheit			
<i>Unsere Lehrerin erklärt oft mit Fremdwörtern, die wir nicht verstehen.</i>	5	.63	.70

Wahrnehmung der Klassenführung. Zur Erfassung der Schülersicht auf das Klassenführungsverhalten ihrer Lehrkraft im physikbezogenen Unterricht wurde ein Fragebogen entwickelt, der die Konstrukte *Disziplin*, *Regelklarheit* und *Störungsprävention* umfasst. Dazu wurden Items aus bereits existierenden und eingesetzten Fragebögen verwendet und angepasst (Clausen, 2002; Gruehn, 2000; Schönbächler, 2005). Die erste Skala bildet das Subkonstrukt der *Disziplin*, bei dem anhand von sechs Items der Frage nachgegangen wird, inwiefern der Unterricht von Störungen begleitet wird und inwiefern die Lehrkraft auf diese Störungen reagiert. Die Skala zur *Regelklarheit* erfasst mit Hilfe von fünf Items sowohl, ob Regeln im physikbezogenen Unterricht eingesetzt werden als auch, ob diese den Schülerinnen und Schülern verständlich sind und ob sie sich über Konsequenzen für Regelbrüche bewusst sind. Das Subkonstrukt der *Störungsprävention* wird durch eine Skala mit sechs Items untersucht. Hierbei werden die Schülerinnen und Schüler befragt, inwiefern es der Lehrkraft gelingt, den Fokus auf die ganze Klasse zu richten, auch wenn sie mit einzelnen Schülerinnen und Schülern beschäftigt ist. Auch wird nach dem (unmittelbaren) Bemerkern und direktem Eingreifen bei Störungen sowie des Beeinflussungsgrads der Reaktion hinsichtlich des laufenden Unterrichtsgeschehens gefragt.

Die drei postulierten Konstrukte konnten im Rahmen einer Faktorenanalyse validiert werden. Die Korrelationen zwischen den Konstrukten waren mit Werten zwischen $r = .10$ und $r = .54$ gering bis moderat. Eine IRT-basierte Analyse hat folgende Reliabilitätswerte ergeben: Disziplin = .87, Regelklarheit = .98, Störungsprävention = .82 (für weitere Details siehe Fricke et al., 2012).

2.4.2.4 Erfassung leistungsbezogener und nicht leistungsbezogener Zielkriterien

Im Rahmen des PLUS-Projekts wurden sowohl leistungsbezogene als auch motivationale und selbstbezogene Zielkriterien auf Seiten der Lernenden erfasst. Hierfür wurden ein Papier-und-Bleistift-Test, ein Fragebogen und ein halbstrukturiertes Interview eingesetzt.

Erfassung leistungsbezogener Zielkriterien: Wissen im Inhaltsbereich Aggregatzustände. Das Wissen der Schüler wurde zum Thema *Aggregatzustände und ihre Übergänge* am Beispiel Wasser erfasst. Dazu wurde ein Papier-und-Bleistift-Test im fokussierten Inhaltsbereich mit geschlossenem Antwortformat entwickelt. Um den Inhaltsbereich facettenreich, aber fokussiert abbilden zu können, wurden drei inhaltliche Schwerpunktthemen identifiziert, die mit Hilfe der entwickelten Aufgaben abgedeckt wurden: 1.) Eigenschaften von Stoffen in verschie-

denen Aggregatzuständen (vor allem im flüssigen und gasförmigen Zustand), 2.) Verdunstung sowie 3.) Kondensation. Die Themen Verdunstung und Kondensation umfassten dabei auch die Bedingungsfaktoren, die für den jeweiligen Phasenübergang Voraussetzung sind bzw. durch die Vorgänge beschleunigt bzw. verlangsamt werden können.

Der Test enthielt 24 Aufgaben im Multiple-choice- bzw. Multiple-select-Format mit jeweils bis zu sechs Einzelantwortalternativen, davon 15 Aufgaben zu einfachem Begriffswissen (z.B. korrekte Verwendung der Begriffe fest, flüssig, gasförmig) und neun Aufgaben zum konzeptuellen Wissen, in welchen wissenschaftlich akzeptable Erklärungen für Verdunstungs- und Kondensationsphänomene angenommen und Erklärungen, die gängige, nicht belastbare Schülervorstellungen enthielten, abgelehnt werden mussten. Die vorgegebenen Antwortalternativen wurden dabei sowohl aus der Literatur zu Schülervorstellungen (z.B. Bar & Travis, 1991; Osborne & Cosgrove, 1983; Tytler, 2000) als auch aus vorliegenden Interviews mit Kindern zu diesem Thema abgeleitet und an die Sprache der Kinder angelehnt. Entsprechend wurden Fachbegriffe vermieden und auch in den Attraktoren auf Formulierungen von Kindern zurück gegriffen. So wurde Wasserdampf im Test z.B. als „nicht sichtbares Wasser, das in der Luft verteilt ist“ bezeichnet.

Während der Entwicklungsphase wurden Kinder in Stichproben-Interviews nach dem Lösen des Tests zu den vorgegebenen Antwortalternativen befragt. Diese Information wurde dazu genutzt, die konstruierten Attraktoren und Distraktoren zu modifizieren.

Über alle Aufgaben hinweg wurde ein Summenwert gebildet. Dazu wurde jede einzelne Aufgabe im Test mit 0 oder 1 bewertet. Die Anzahl der nach diesem Schema korrekt gelösten Aufgaben wurde aufsummiert; der Summenwert betrug maximal 24 Punkte. Die Reliabilität (Cronbachs α) lag in der Prämessung bei .74 und in der Postmessung bei .82.

Erfassung motivationaler und selbstbezogener Zielkriterien. Um motivationale und selbstbezogene Zielkriterien in der Übergangsphase von der Grundschule zur Sekundarstufe im Rahmen des Forschungsprojekts PLUS querschnittlich und längsschnittlich erfassen zu können, wurde basierend auf Vorarbeiten von Blumberg (2008) ein Fragebogen entwickelt.

Bei den Interessenskonstrukten wurde theoretisch zwischen einem stärker dispositionalen, *individuellen Interesse* an physikalischen Sachverhalten, dem *situationalen*

Interesse am physikbezogenen Unterricht und dem auf den Unterricht bezogenen außerschulischen Interesse (*außerschulisches Interesse*) unterschieden (Krapp, 2002). Die Items dieser Skalen beziehen sich auf affektive, kognitive und wertbezogene Aspekte von Interesse. Im Bereich der selbstbezogenen Variablen wurden das situative Kompetenzerleben im Unterricht (*empfundene Kompetenz* im Unterricht), Selbstwirksamkeitserwartungen in Hinsicht auf das zukünftige erfolgreiche Ausführen von Tätigkeiten im Zusammenhang mit den unterrichteten Themen (*themenspezifische Selbstwirksamkeit*) und die eingeschätzte Fähigkeit im Verstehen von Physik (*Fähigkeitsselbstkonzept Physik*) erfasst.

Die Skalen wurden in der Querschnittuntersuchung vor und nach dem unterrichteten Thema *Aggregatzustände* eingesetzt (4. Klasse Grundschule und 6. Klasse Hauptschule bzw. Gymnasium). Zur Erfassung des Fachinteresses, des Kompetenzerlebens und der Selbstwirksamkeitserwartungen wurden die Lernenden in der Prämessung gebeten, an die letzten beiden physikbezogenen Themen im Sachunterricht zu denken und zu bewerten, inwieweit die vorgegebenen Aussagen auf diesen Unterricht bzw. diese Themen zutreffen. Bei der Postmessung sollten die Lernenden hingegen an die zurückliegende Unterrichtsreihe zum Thema *Aggregatzustände* denken. Die Reliabilitäten lagen im befriedigenden bis sehr guten Bereich.

Bei der Längsschnitterhebung mit Messzeitpunkten in der 4. bis zur 7. Klasse wurden die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, an die letzten beiden Physikthemen zurückzudenken, die im Rahmen ihres Sach- bzw. Physikunterrichts unterrichtet worden waren. Beim persönlichen Interesse und dem Fähigkeitsselbstkonzept wurden den Schülerinnen und Schülern als Referenz physikbezogene Themen genannt, die bereits in der Grundschule unterrichtet werden und ebenfalls im Sekundarstufenunterricht eine Rolle spielen. Die sechs benannten Konstrukte wurden jeweils mittels einer vierstufigen Likert-Skala erfasst, die vier bis sieben Items enthält. Die in Tabelle 2.2 berichteten Werte zeigen für die beiden ersten Längsschnittzeitpunkte (der 1. Messzeitpunkt des Längsschnittes ist dabei identisch mit der Erhebung vor dem Unterricht *Aggregatzustände* im Rahmen der Querschnittstudie), dass die Reliabilität der Skalen als befriedigend bis gut eingeschätzt werden kann.

Tabelle 2.2: Erfassung motivationaler und selbstbezogener Zielkriterien in der Längsschnittstudie

Skala Beispiel-Item	Items	α 4. Kl.	α 5. Kl.
Situationales Interesse (Bezug zum physikbezogenen Unterricht)			
Bei dem Unterricht war ich oft sehr neugierig darauf, was wir in der nächsten Stunde machen.	6	.79	.86
Individuelles Interesse (Physik)			
Mich mit diesen Themen zu beschäftigen, macht mir viel Freude.	5	.81	.82
Außerschulisches Interesse (Bezug zum physikbezogenen Unterricht)			
Hast du nach der Schule etwas ausprobiert, das mit den Themen zu tun hat?	6	.76	.79
Fähigkeitsselbstkonzept (Physik)			
Solche Themen zu verstehen fällt mir sehr leicht.	7	.86	.86
Themenspez. Selbstwirksamkeit (Bezug zum physikbezogenen Unterricht)			
Ich schaffe es jetzt, anderen diese Themen zu erklären.	5	.78	.83
Empfundene Kompetenz (Bezug zum physikbezogenen Unterricht)			
In dem Unterricht habe ich sehr viel verstanden.	4	.63	.73

2.4.2.5 Konstruktion schulstufenübergreifender Instrumente

In diesem Abschnitt wird am Beispiel der Erfassung des physikbezogenen Interesses das Problem der Messinvarianz beim Einsatz von Instrumenten in unterschiedlichen Alterskohorten thematisiert. Bei der Erfassung dieses Konstrukts im Schulstufenübergang entsteht die Frage, ob das physikbezogene Interesse bei Schülerinnen und Schülern der Primar- und Sekundarstufe so erfasst werden kann, dass auch Vergleiche zwischen den Schulstufen möglich sind. Bezüglich der Struktur des physikbezogenen Interesses zeigte sich, dass bereits Grundschulkinder zwischen Interesse an physikbezogenen Inhalten und einem Interesse an physikbezogenem Unterricht unterscheiden. In konfirmatorischen Faktorenanalysen (CFA) zeigte sich eine Überlegenheit eines zweidimensionalen Modells gegenüber einem eindimensionalen Modell sowohl in der Primar- als auch in der Sekundarstufe. In einer Sequenz von CFAs, in der schrittweise die Gleichheit der Parameter des Messmodells zwischen den untersuchten Gruppen (Primar- und Sekundarstufe) getestet wurde, zeigte sich sog. starke Invarianz, was auf eine Äquivalenz der erfassten Konstrukte

schließen lässt (Kleickmann, 2011; Vandenberg & Lance, 2000). Die verwendeten Fragebogenskalen sind also geeignet, das physikbezogene Interesse bei Grundschulkindern und Schülerinnen und Schülern der unteren Sekundarstufe gleichermaßen (äquivalent) zu erfassen. Analoge Analysen sind noch für weitere der eingesetzten Instrumente vorgesehen.

2.5 Darstellung der Ergebnisse

2.5.1 Professionsmerkmale der Lehrkräfte

Im PLUS-Projekt wurden zum einen Fragen nach der Bedeutung einzelner Aspekte der professionellen Kompetenz – insbesondere des professionellen Wissens – für die Unterrichtsqualität und die Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht, zum anderen aber auch Fragen nach Unterschieden zwischen Primar- und Sekundarstufenlehrkräften in diesen Aspekten nachgegangen.

2.5.1.1 Professionswissen von Lehrkräften, Unterrichtsqualität und Zielerreichung aufseiten der Schülerinnen und Schüler

Obwohl die Annahme, dass das professionelle Wissen von Lehrkräften eine wichtige Voraussetzung für die Gestaltung qualitätsvoller Unterrichtsangebote und das Unterstützen von Lernfortschritten der Schülerinnen und Schüler ist, theoretisch sehr plausibel ist, ist die empirische Basis zur Absicherung dieser Vermutungen lange Zeit sehr dünn gewesen (Baumert & Kunter, 2006). Erst seit wenigen Jahren liegen im Bereich der Mathematik Studien vor, die nachweisen, dass das fachbezogene professionelle Wissen von Lehrkräften – vermittelt über die Unterrichtsqualität – in Beziehung zu fachlichen Lernfortschritten von Schülerinnen und Schülern steht (Baumert et al., 2010; Hill et al., 2005). Dabei erwies sich insbes. das fachdidaktische Wissen als besonders bedeutsam für die Unterrichtsqualität und die Schülerleistungen (Baumert et al., 2010). Studien in anderen Inhaltsbereichen – so auch im naturwissenschaftlichen Unterricht – fehlten allerdings lange Zeit. Im Zentrum der Forschungsarbeiten stand daher nicht nur die zuvor beschriebene Konstruktion von reliablen und validen Instrumenten zur Erfassung der Kompetenzaspekte von Lehrkräften, sondern auch die inhaltliche Frage nach der Bedeutung der so erfassten Kompetenzaspekte für das erfolgreiche berufliche Handeln im frühen naturwissenschaftlichen Unterricht. Diese Analysen werden nachfolgend in ausgewählter Form und nach Aspekten der Lehrerkompetenz gegliedert präsentiert.

Die Bedeutung des physikbezogenen Fachwissens von Grundschullehrkräften für die Unterrichtsgestaltung und Schülerleistung. Eine erste Forschungsfrage, der innerhalb der PLUS-Studie im Dissertationsvorhaben von Annika Ohle (2010) nachgegangen wurde, war die nach dem Einfluss des fachspezifischen Professionswissens von Lehrkräften auf Schülerleistungen. Dabei wurde angenommen, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen Fachwissen und Lernerfolgen der Schülerinnen und Schüler gibt. Vielmehr wurde davon ausgegangen, dass das Fachwissen mediiert über die Qualität des Unterrichts die Schülerleistung positiv beeinflusst. Unterrichtsqualität wurde für diese Teiluntersuchung über zwei Merkmale operationalisiert: die Sachstruktur des Unterrichts, also welche Aspekte des Themas *Aggregatzustände* im Unterricht thematisiert wurden, und die Sequenzierung des Unterrichts (Oser & Baeriswyl, 2001), die die Strukturierung von Lehr-Lernprozessen beschrieb. Um die Hypothese zu überprüfen, wurden zunächst zwei Extremgruppen von jeweils 15 Lehrkräften als Subsample der PLUS-Studie gebildet. Die Lehrkräfte mit dem höchsten und niedrigsten Professionswissen (*Fachwissen* und *fachdidaktisches Wissen*) wurden ausgewählt und ihr Unterricht hinsichtlich der Unterrichtsqualität analysiert. Die Kategorien der Videoanalyse wurden einzeln als Prädiktoren und in Kombination mit dem Fachwissen der Lehrkräfte in Mehrebenen-Regressionsgleichungen, in denen die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler vorhergesagt wurde, verwendet (siehe Tabelle 2.3).

Die Ergebnisse dieser Analysen bestätigten die Hypothese, dass allein das Fachwissen einer Lehrkraft kein Prädiktor für Schülerleistung im physikbezogenen Sachunterricht der Grundschule ist. Ebenso konnten keine Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen und der Qualität des Unterrichts, wie sie in dieser Studie erfasst wurden, gefunden werden. Betrachtete man jedoch Fachwissen und Unterrichtsqualität gemeinsam als Prädiktoren für Schülerleistung, zeigte sich, dass das Fachwissen der Lehrkraft einen positiven Einfluss auf die Schülerleistung hatte – unter Kontrolle der Sequenzierung von Lernprozessen, die ein Merkmal der Unterrichtsqualität darstellt, und der Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte (für eine detaillierte Beschreibung der Ergebnisse siehe Ohle, 2010; Ohle et al., 2011). Diese Ergebnisse wurden so gedeutet, dass das Fachwissen einer Lehrkraft nur dann auf Schülerleistung wirken kann, wenn der Unterricht angemessen strukturiert ist. Angemessen heißt in diesem Zusammenhang, dass neben Experimentalphasen auch Reflexion und Anwendung von neuem Wissen in den Unterricht implementiert

werden sollten. Wie genau die Sequenzierung von Lernprozessen auf Schülerleitung wirkt, wird in weiteren Studien untersucht.

Tabelle 2.3: Befunde (Regressionskoeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage der Lernleistung durch Fachwissen von Grundschullehrkräften, Sachstruktur des Unterrichts und Strukturierung von Lehr-Lernprozessen (Ohle et al., 2011)

	Modell 1		Modell 2		Modell 3		Modell 4	
	Fachwissen		Sequenzierung		Sachstruktur		Fachwissen und Lernprozessesequenzierung	
	β	p	β	p	β	p	β	p
Individualebene								
Schülerleistung Prä	.47	<.001	.73	<.01	.73	<.001	.72	<.001
Kognitive Fähigkeiten	.12	<.001	.21	<.01	.21	<.001	.21	<.001
R ² Individualebene	.30		.54		.30		.53	
Klassenebene								
Fachwissen	-.02	.73	-	-	-	-	.23	.04
Sequenzierung von Lernprozessen	-	-	.11	.24	-	-	.20	.03
Sachstrukturtyp	-	-	-	-	.02	.91	-	-
Selbstwirksamkeitserwartungen	-	-	-	-	-	-	-.19	.05
R ² Aggregatebene	.00		.01		.01		.18	

* p < .05, ** p < .001

Die Bedeutung des fachdidaktischen Wissens für die Erreichung multipler Ziele. Sieht man die Vermittlung fachlicher Inhalte durch die Anregung von Lernprozessen als Kriterium für erfolgreiches Unterrichten an, so muss neben dem *Fachwissen* insbesondere das *fachdidaktische Wissen* als relevant angenommen werden, da diesem als Wissen über die adressatengerechte Aufarbeitung von Inhalten ein zentraler Stellenwert für die Gestaltung kognitiv anregender und motivierender Lerngelegenheiten sowie für das adaptive Bereitstellen individueller und konstruktiver Unterstützung im Unterricht zugesprochen wird (Baumert & Kunter, 2011; Grossman, 1990). Während Studien im Bereich der Mathematik den zentralen Stellenwert dieses Wissens bereits empirisch nachzeichnen konnten, fehlten Studien im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Obwohl in der bisherigen Forschung zur Relevanz des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften für die

Zielerreichung seitens der Schülerinnen und Schüler der Fokus theoretisch und empirisch bisher stärker auf die Postulierung und Untersuchung von Zusammenhängen mit leistungsbezogenen Unterrichtszielen gelegt wurde (Baumert et al., 2010; Hill et al., 2005), legen die Forschungsergebnisse unter Einbezug der Ergebnisse der Unterrichtsforschung auch Zusammenhänge zu motivationalen und selbstbezogenen Zielvariablen nahe. Daher wurde in der Dissertation von Kim Lange (2010) und im übergeordneten PLUS-Projekt der Frage nach der Bedeutung des fachdidaktischen Wissens für die multiple Zielerreichung im naturwissenschaftlichen Unterricht nachgegangen. Für die Überprüfung des Zusammenhangs wurde auf die Daten der 60 teilnehmenden Grundschulklassen zurückgegriffen und Mehrebenen-Regressionsmodelle spezifiziert. In diesen Modellen wurden die multiplen Zielkriterien (*Wissen im Inhaltsbereich Aggregatzustände*, *Fach- und Sachinteresse*, *Kompetenzerleben* und *Selbstwirksamkeitserwartung*) durch das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte vorhergesagt. Um den Einfluss möglicher Störvariablen zu berücksichtigen, wurde a priori ein Set an potenziellen Einflussfaktoren als Kontrollvariablen ausgewählt. Kontrollvariablen auf Individualebene waren das bereichsspezifische Vorwissen, die kognitiven Grundfähigkeiten sowie der familiäre, sozioökonomische Status, die Muttersprache und das Geschlecht der Lernenden. Auf Ebene der Klasse wurde die für das Unterrichtsthema verwendete Unterrichtszeit, die über die Schülerinnen und Schüler eingeschätzte Effizienz der Klassenführung (Fricke et al., 2012) und die Berufserfahrung der Lehrkräfte in Dienstjahren kontrolliert.

Die Ergebnisse zeigten in Bezug auf das leistungsbezogene Zielkriterium *Wissen über Aggregatzustände*, dass das bereichsspezifische Vorwissen der Schülerinnen und Schüler sowie die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten die maßgeblichen Prädiktoren auf der Ebene der Individualmerkmale waren. Auf Klassenebene erwies sich das erfasste *fachdidaktische Wissen* der Lehrkräfte unter Kontrolle der Unterrichtsdauer, der Klassenführung und der Lehrerfahrung als ein bedeutsamer und statistisch signifikanter Prädiktor für das *Wissen über Aggregatzustände* im Nachtest. Bei den Modellen mit motivationalen und selbstbezogenen Zielkriterien erwiesen sich auf der Individualebene das vor der Unterrichtseinheit erhobene *Fachinteresse*, *Sachinteresse* und *Kompetenzerleben* bzw. die vor der Einheit erfassten *Selbstwirksamkeitserwartungen* als substanzielle Prädiktoren der Zielkriterien. Beim *Fachinteresse* und beim *Kompetenzerleben* zeigten sich kleine, aber signifikante Effekte zugunsten der Mädchen. Das *fachdidaktische Wissen* war unter Kontrolle der Unterrichtsdauer,

der Klassenführung und der Lehrerfahrung für das *Fachinteresse* und auch das *Kompetenzerleben* ein positiver Prädiktor. Beim *Sachinteresse* und bei den *Selbstwirksamkeitserwartungen* fanden sich zwar positive Korrelationskoeffizienten, die aber nicht statistisch signifikant waren (für eine detaillierte Beschreibung der Ergebnisse siehe Lange, Kleickmann, Tröbst & Möller, 2012).

Insgesamt untermauern die Ergebnisse die Bedeutung des fachdidaktischen Wissens von Grundschullehrkräften für den Lernerfolg seitens der Schülerinnen und Schüler im Bereich Naturwissenschaften und geben zudem weitere Hinweise darauf, dass auch die Entwicklung nichtleistungsbezogener Zielvariablen durch das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte positiv unterstützt wird. Die Befunde geben Anlass, das fachdidaktische Wissen von Grundschullehrkräften als wichtigen Zielbereich von Aus- und Fortbildungsmaßnahmen anzusehen.

2.5.1.2 *Lehrerprofessionsmerkmale im Schulstufen- und Schulformvergleich*

Die Professionalisierung von Grundschul- und Sekundarschullehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften unterliegt unterschiedlichen Rahmenbedingungen (siehe Abschnitt 2.1; vgl. auch Kapitel 1 „Professionalisierung von Lehrkräften“). Aufgrund dieser variierenden Ausbildungsbedingungen kann man Unterschiede in den fachbezogenen Komponenten des Professionswissens, aber auch in den motivationalen Orientierungen dieser Gruppen erwarten. In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Teilstudien präsentiert, die der Frage nach institutionellen Unterschieden in Facetten des Professionswissens nachgegangen sind. Dabei werden zwei kognitive Bereiche der Kompetenz, nämlich das *Fachwissen* und das *fachdidaktische Wissen*, sowie der *Enthusiasmus* von Lehrkräften als motivationale Komponente fokussiert.

Schulstufen- und schulformspezifische Unterschiede im Fachwissen und fachdidaktischen Wissen. Studien, in denen die Wissenskomponenten von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Unterricht schulstufenspezifisch verglichen wurden, untersuchten bislang hauptsächlich Unterschiede im Fachwissen. Die aufgrund der unterschiedlichen Ausbildungsbedingungen anzunehmenden Unterschiede spiegeln sich in diesen Untersuchungen immer wieder zu Ungunsten der Grund-, Haupt- und Realschullehrkräfte gegenüber den Gymnasiallehrkräften wider (z.B. Draxler, 2007; Harlen, 1992). In Bezug auf das fachdidaktische Wissen liegen für den Schulstufenvergleich noch keine Studien vor, so dass man lediglich über die Komponenten, aus denen das fachdidaktische Wissen gespeist wird, Vermutungen über etwaige

institutionelle Unterschiede anstellen kann: Gewichtet man fachliches Wissen als Voraussetzung für fachdidaktisches Wissen (Baumert et al., 2010; van Driel, Verloop & de Vos, 1998), so würde man für Primarschullehrkräfte aufgrund ihres oft inadäquat ausgebildeten Fachwissens deutlich geringere Werte erwarten als für Sekundarstufenlehrkräfte. Da aber auch pädagogisches Wissen erforderlich ist, scheint es theoretisch plausibel, dass mangelndes Fachwissen teilweise durch pädagogische Kenntnisse kompensiert werden kann (Akerson, 2005; Leinhardt & Smith, 1985). Innerhalb der Sekundarstufe deuten Studien auf Unterschiede im Fachwissen und fachdidaktischen Wissen von Hauptschul- und Gymnasiallehrkräften hin (Brunner et al., 2006; Wirz, Fischer, Reyer & Trendel, 2005).

Im Rahmen der PLUS-Querschnittstudie wurden systematische Vergleiche zwischen den Lehrkräften durchgeführt, um der Frage nach schulform- und schulstufenspezifischen Unterschieden in den Wissenskomponenten der Lehrkräfte nachzugehen (Lange, Kleickmann, & Möller, 2011; Ohle, Kauertz, & Fischer, 2010). Dafür wurde auf die Daten der 60 Lehrkräfte aus der Primar- und der 54 Lehrkräfte der Sekundarstufe (28 Hauptschul- und 26 Gymnasiallehrkräfte) zurückgegriffen. Fachwissen und fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte wurden über die in Abschnitt 2.4.2.1 beschriebenen Erhebungsinstrumente erfasst. Die Ergebnisse des direkten Vergleichs der unterschiedlichen Bereiche des Professionswissens sind in Abbildung 2.1 zusammengefasst. Erwartungskonform verfügten die Gymnasiallehrkräfte über deutlich mehr Fachwissen als Lehrkräfte an Haupt- und Grundschulen. Bezüglich des fachdidaktischen Wissens konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden werden.

Das auch in dieser Studie festgestellte mangelnde Fachwissen der Grundschullehrkräfte bleibt weiter als problematisch anzusehen, da sich das Fachwissen in qualitativen Studien als wichtig für den angemessenen Umgang mit Schülervorstellungen und den Einsatz von Repräsentationsformen im naturwissenschaftlichen Unterricht erwiesen hat (Halim & Meerah, 2002; Sanders, Borko & Lockard, 1993; Smith & Neale, 1989). Offen bleibt die Frage, wie es Primarschullehrkräften gelingen kann, bei geringerem Fachwissen ähnlich gute Werte im Test zum fachdidaktischen Wissen zu erreichen wie ihre Kollegen der Sekundarstufe. Eine mögliche Erklärung wäre die oben bereits skizzierte Bedeutung des pädagogischen Wissens, dass kompensatorisch wirken könnte, und dass das Wissen von Sekundarstufenlehrkräften nur in geringem Maße an den Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler orientiert ist. Zur

Überprüfungen dieser Hypothesen sind weitere Studien erforderlich, in denen das pädagogische Wissen der Lehrkräfte mit erhoben wird.

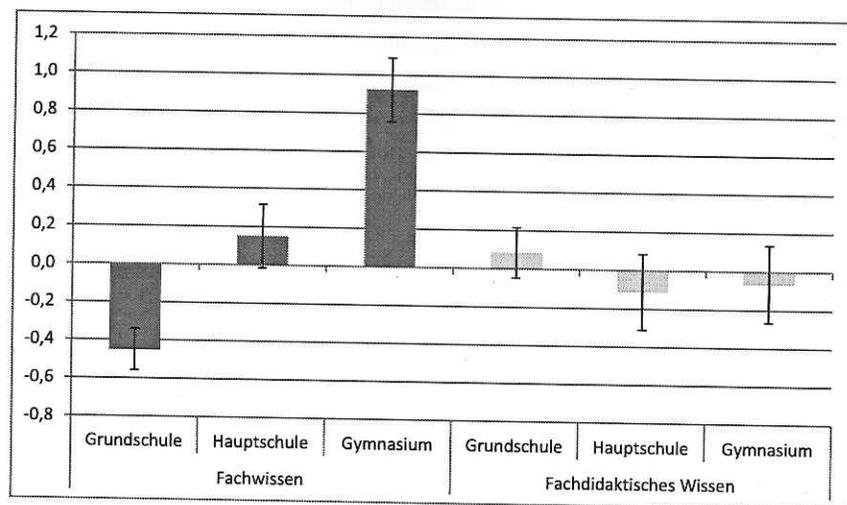


Abbildung 2.1: Mittelwerte und Standardabweichungen für Fachwissen und fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte in Abhängigkeit von der Schulform. Die Skalen wurden für die Gesamtstichprobe z-standardisiert ($M = 0$, $SD = 1$). Die Fehlerbalken zeigen die Standardfehler des jeweiligen Mittelwertes

Schulstufen- und schulformspezifische Unterschiede im Enthusiasmus von Lehrkräften. Im Gegensatz zu den Befunden zum fachdidaktischen Wissen deuten im Bereich der motivationalen Variablen die Ergebnisse bestehender Studien stark auf schulstufenspezifische Unterschiede: Studien zeigten, dass bei Grundschullehrkräften ungünstige Voraussetzungen im motivationalen Bereich in Bezug auf naturwissenschaftliche Inhalte und das Unterrichten dieser Inhalte vorliegen. Die überwiegend weiblichen Lehrkräfte erachteten physikalische Inhalte zwar als für Kinder bedeutsam und interessant, zeigten aber selbst wenig Interesse an Physik und schätzten ihre eigene Selbstwirksamkeit im Unterrichten physikbezogener Themen auffallend gering ein (Appleton, 2008; Möller, 2004). Studien zur Berufswahl-orientierung zeigten zudem schulstufen- und schulformspezifische Unterschiede bei Studierenden und bei im Beruf stehenden Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe: Während sich (angehende) Gymnasiallehrkräfte typischerweise als Fachvertreter verstehen, definieren sich andere (angehende) Sekundar- und Grundschullehrkräfte

typischerweise klar über ihre Rolle als Pädagogen (Brookhart & Freeman, 1992; Kunter, Frenzel, Nagy, Baumert & Pekrun, 2011; Pohlmann & Möller, 2010; Retelsdorf & Möller, 2012). Es ist also auch für Lehrkräfte im Bereich der Naturwissenschaften anzunehmen, dass motivationale Unterschiede zwischen Lehrkräften im Hinblick auf die Begeisterung für das Fach bzw. im Hinblick auf die pädagogische Interaktion mit Schülerinnen und Schülern in der Auseinandersetzung mit Fachinhalten bestehen. Direkt vergleichende Studien lagen bisher allerdings noch nicht vor. Im Rahmen der PLUS-Querschnittstudie wurden daher auch systematische Vergleiche hinsichtlich motivationalen Orientierungen von Lehrkräften durchgeführt. Dafür wurde wiederum auf die Daten der 60 Lehrkräfte aus der Primar- und der 54 Lehrkräfte der Sekundarstufe zurückgegriffen. Der Enthusiasmus der Lehrkräfte wurde über die in Abschnitt 4.2.1.3 beschriebenen Erhebungsinstrumente als *Enthusiasmus für physikalische Fachinhalte* und *Enthusiasmus für das Unterrichten* erhoben. Die Ergebnisse des direkten Vergleichs sind in Abbildung 2.2 zusammengefasst.

Wiederum erwartungskonform zeigten die Gymnasiallehrkräfte deutlich mehr Enthusiasmus bei der Auseinandersetzung mit den Fachinhalten als Lehrkräfte an Haupt- und Grundschulen. Bezüglich des Enthusiasmus am Unterrichten von physikalischen Inhalten konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden werden.

Es kann als erfreulich gelten, dass Primarstufenlehrkräfte ähnlich viel Enthusiasmus am Unterrichten physikbezogener Inhalte zeigen wie Sekundarlehrkräfte, insbesondere weil sich dieser Enthusiasmus für das Unterrichten in mathematikdidaktischen Studien als besonders relevant für die Unterrichtsqualität und die multiple Zielerreichung aufseiten der Schülerinnen und Schüler erwies (Kunter, 2011; Kunter et al., 2008). Ob dieser Zusammenhang schulstufenübergreifend gilt, muss in weiteren Untersuchungen empirisch überprüft werden.

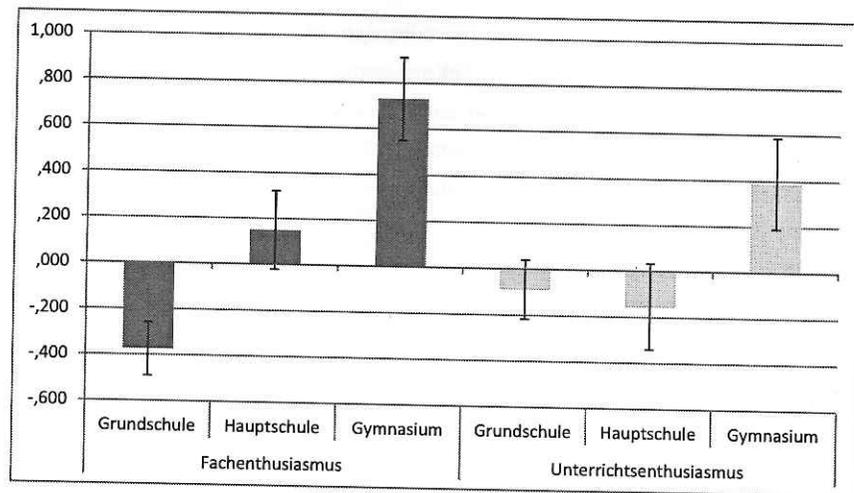


Abbildung 2.2: Mittelwerte und Standardabweichungen für den Fach- und den Unterrichtsenthusiasmus von Lehrkräften in Abhängigkeit von der Schulform. Die Skalen wurden für die Gesamtstichprobe z-standardisiert ($M = 0$, $SD = 1$). Die Fehlerbalken zeigen die Standardfehler

2.5.2 Lerngelegenheiten im Unterricht

In diesem Abschnitt geht es um den physikbezogenen Unterricht in der Übergangsphase von der Grundschule in die Sekundarstufe. Die hier vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf den physikbezogenen Sachunterricht in Klasse 4 und auf den Physikunterricht in der Orientierungsstufe (Klasse 6). Wie in Abschnitt 2.3 dargestellt, wird Unterricht als Gelegenheitsstruktur verstanden, die von den Schülerinnen und Schülern in unterschiedlicher Weise zum Lernen genutzt werden kann. Daher sprechen wir von Lerngelegenheiten im Unterricht. Im Folgenden geht es in Abschnitt 2.5.2.1 zunächst um Befunde zu der Frage, was Merkmale erfolgreichen physikbezogenen Unterrichts in der Übergangsphase sind. In Abschnitt 2.5.2.2 werden dann Ergebnisse zu Unterschieden in den Lerngelegenheiten zwischen dem Sachunterricht in Jahrgangsstufe 4 und dem Physikunterricht in Jahrgangsstufe 6 dargestellt, und es werden sich daraus ergebende Fragen für weitere Forschung skizziert.

2.5.2.1 Lerngelegenheiten und ihre Bedeutung für Lernerfolg und motivationale Orientierungen seitens der Schülerinnen und Schüler.

In diesem Abschnitt werden Merkmale der Lerngelegenheiten im physikbezogenen Unterricht und deren Bedeutung für Lernerfolg und motivationale Orientierungen bei Schülerinnen und Schülern dargestellt. Es geht also um die Frage nach Qualitätsmerkmalen physikbezogenen Unterrichts in der Übergangsphase.

Verständnisorientierung. Die in diesem Abschnitt beschriebenen Analysen zur Bedeutung der Verständnisorientierung für die Zielerreichung der Schülerinnen und Schüler wurden von Anne Ewerhardy durchgeführt (Ewerhardy, 2011; Ewerhardy et al., 2012). Sie basieren auf der Stichprobe von 60 Grundschulklassen und deren Lehrkräften. Verständnisorientierung des Unterrichts wurde im Rahmen von PLUS über vier Merkmale definiert: (1.) Umgang mit Schülervorstellungen, (2.) Strukturierung, (3.) Kommunikation und Aushandlung von Bedeutungen und (4.) Phänomen- und Problemorientierung (siehe Abschnitt 2.4.2). Um zu prüfen, ob die so definierte Verständnisorientierung des Unterrichts einen Einfluss auf die Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler hat, wurden Mehrebenenanalysen durchgeführt.

Es wurde geprüft, inwieweit die Varianz im Lernerfolg zwischen Klassen durch Merkmale des Unterrichts aufgeklärt werden kann. Dazu wurde ein Mehrebenenregressionsmodell spezifiziert, in dem die Verständnisorientierung des Unterrichts als Prädiktor des Lernerfolgs im Nachtest (konzeptuelles Wissen der Schülerinnen und Schüler über Aggregatzustände) aufgenommen wurde. Außerdem wurden verschiedene Kontrollvariablen auf Individual- und Klassenebene berücksichtigt, um konfundierende Einflüsse ausschließen zu können. Auf Individualebene wurden beispielsweise das vor dem Unterricht erfasste Verständnis der Schülerinnen und Schüler von Aggregatzuständen und allgemeine kognitive Fähigkeiten in die Analyse aufgenommen. Auf Klassenebene wurde neben der Unterrichtsdauer auch die Berufserfahrung kontrolliert. Außerdem wurde die Effizienz der Klassenführung berücksichtigt (Fricke et al., 2012).

Die Ergebnisse zeigten, dass das Vorverständnis der Lernenden (Schülerleistung Vortest) sich als stärkster Prädiktor für die Leistung im Nachtest erwies. Zudem hatten auf Individualebene das Alter und die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten einen signifikanten Effekt. Auf Klassenebene zeigte sich, dass die Effizienz der Klassenführung, Berufserfahrung und auch die Verständnisorientierung des Unterrichts signifikante, positive Prädiktoren für das Verständnis der Lernenden

waren (für eine detaillierte Beschreibung der Ergebnisse siehe Ewerhardy et al., 2012).

In den Analysen erwiesen sich somit diejenigen Lehrkräfte hinsichtlich des Erreichens von Lernfortschritten im konzeptuellen Verständnis der Lernenden als erfolgreicher, die Merkmale des Umgangs mit Schülervorstellungen, der Strukturierung, der Kommunikation und Aushandlung von Bedeutungen sowie der Phänomen- und Problemorientierung in ihre Unterrichtsplanung einbezogen und in ihren Handlungen berücksichtigten. Das Ergebnis bestätigt die – trotz der nicht ganz konformen Befundlage – auch in anderen Studien gefundenen positiven Zusammenhänge. Insgesamt sprechen die Befunde – im Einklang mit Mayers Forderungen (2004) – für eine Konzeptualisierung verständnisorientierten Unterrichts, die kognitive Aktivierung der Lernenden und strukturierende Elemente einschließt.

Die Ergebnisse dieser Studie werfen eine Reihe weiterer Fragen auf, die in weiteren Untersuchungen zu klären wären. Offen ist beispielsweise die Frage, welche Bedeutung die einzelnen Merkmale der Verständnisorientierung des Unterrichts für den Lernzuwachs haben. Sind es insbesondere einzelne Merkmale, die wirksam sind und zur Förderung der Lernenden beitragen oder ist das Zusammenspiel aller vier Merkmale entscheidend? Es stellt sich auch die Frage, ob es beispielsweise bei den Strukturierungselementen ein optimales Maß gibt. Es wäre denkbar, dass zu wenig Strukturierung wie auch ein zu hohes Maß an Strukturierung, das möglicherweise die Eigenaktivität der Lernenden einschränkt, zu Verständnisschwierigkeiten bei den Lernenden führt. Für diese Art von Fragestellungen müssen nicht-lineare Zusammenhänge untersucht werden.

Klassenführung. Die in diesem Abschnitt beschriebenen Analysen zur Bedeutung der Klassenführung (erfasst per Schülerfragebogen und Videoanalyse) für die Zielerreichung der Schülerinnen und Schüler wurden von Katharina Fricke durchgeführt (Fricke et al., 2012). Sie basieren auf der Stichprobe von 60 Grundschulklassen und 58 Klassen der Jahrgangsstufe 6 sowie deren Lehrkräften. Das Konstrukt der *Klassenführung* umfasst im Rahmen von PLUS drei Merkmale: *Reaktion auf Störungen*, *Einsatz von Regeln und Ritualen* sowie *präventive Maßnahmen* (siehe Abschnitt 2.4.2). Zur Analyse des Einflusses der Klassenführung einer Lehrkraft auf den Lernerfolg und das Interesse der Schülerinnen und Schüler im physikbezogenen Unterricht wurden Mehrebenenanalysen durchgeführt. Insgesamt wurden vier Modelle getestet. Zwei Modelle beziehen sich auf die abhängige Variable des Lernzuwachses

der Schülerinnen und Schüler, während die anderen beiden Modelle sich auf das Fachinteresse als abhängige Variable beziehen.

Zur Berechnung des Einflusses von Klassenführung und Kontrollvariablen auf den Lernzuwachs wurde der durch die Schülerinnen und Schüler erreichte Nachtestwert als abhängige Variable in das Modell aufgenommen. Auf Individualebene wurden für den Prä-Test-Wert kognitive Fähigkeiten, der sozioökonomische Status (ISEI) und das Fachinteresse der Schülerinnen und Schüler kontrolliert. Es zeigte sich, dass die auf der Basis der Videoanalyse ermittelte Störungsintensität einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler hatte. Alle weiteren Merkmale der Klassenführung, die mittels Videoanalyse und auch mittels individueller Unterrichtswahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler erfasst wurden, zeigten sich als nicht bedeutsam für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler. Tabelle 2.4 zeigt die Befunde der Mehrebenenanalyse für das Merkmal *Störungsintensität*.

Tabelle 2.4: Befunde (Regressionskoeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage der Schülerleistung im Nachtest (Wissen über Aggregatzustände) durch Merkmale der Klassenführung

	Modell 1			Modell 2		
	Est.	SE	p	Est.	SE	p
<i>Individualebene</i>						
Vorwissen (Aggregatzustände)	0.489	0.020	.000	0.490	0.020	.000
Kognitive Fähigkeiten	0.125	0.018	.000	0.126	0.018	.000
Fachinteresse	0.089	0.017	.000	0.087	0.017	.000
Sozioökonomischer Status	0.039	0.019	.042	0.040	0.019	.039
R ² (Level 1)	0.356	0.024	.000	0.357	0.024	.000
<i>Klassenebene</i>						
Störungsintensität				0.080	0.040	.043
R ² (Level 2)				0.048	0.045	.277

In einem weiteren Schritt wurde der Hypothese nachgegangen, ob sich Unterrichtsstörungen unterschiedlich stark auf den Lernzuwachs von spezifischen Schülergruppen, insbesondere von (a) leistungsschwachen versus leistungsstarken Schülerinnen und Schülern und (b) von Schülerinnen und Schülern mit höheren versus niedrigeren kognitiven Fähigkeiten auswirken. Diese vermuteten Interaktionseffekte zwischen der Störungsintensität und dem Vorwissen sowie zwischen der Störungsintensität und den kognitiven Fähigkeiten wurden allerdings nicht bestätigt.

Zur Berechnung des Einflusses der Klassenführung und von Kontrollvariablen auf die Entwicklung des Fachinteresses über die Unterrichtseinheit wurde das nach dem Unterricht gezeigte Fachinteresse als abhängige Variable in das Modell aufgenommen. Auf der Individualebene wurden das vorunterrichtliche Fachinteresse und das themenspezifische Vorwissen der Schülerinnen und Schüler kontrolliert. Auf Klassenebene wurde die Schulform (Grundschule, Hauptschule, Gymnasium) kontrolliert. Sowohl auf Individual- als auch auf Klassenebene zeigten sich Effekte verschiedener Merkmale der Klassenführung auf das Fachinteresse der Schülerinnen und Schüler. So haben auf der Individualebene sowohl die Schülerwahrnehmung der *Disziplin* als auch die der *Störungsprävention* einen Einfluss auf das Fachinteresse. Auf Klassenebene zeigte sich, dass sich das per Videoanalyse erfasste Ausmaß an *Hektik* im Unterricht negativ auf die Interessensentwicklung der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Hektik entsteht im Unterricht beispielsweise, wenn Aufgaben in der vorgegebenen Zeit nicht bearbeitet werden konnten und daraus unvollständige Hefteinträge oder nicht vollständig durchgeführte Experimente resultierten. Tabelle 2.5 zeigt die entsprechenden Ergebnisse der Mehrebenenanalysen. Die weiteren Merkmale der Klassenführung zeigten keinen Einfluss auf das Fachinteresse der Schülerinnen und Schüler.

Tabelle 2.5: Befunde (Regressionskoeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage des nach dem Unterricht gezeigten Fachinteresses durch Merkmale der Klassenführung (Hektik)

	Modell 1			Modell 2		
	Est.	SE	p	Est.	SE	p
<i>Individualebene</i>						
Themenspezifisches Interesse	0.457	0.020	.000	0.403	0.021	.000
Vorwissen	0.048	0.020	.020	0.047	0.020	.016
Disziplin				0.097	0.018	.000
Störungsprävention				0.191	0.023	.000
R ² _(Level 1)	0.266	0.026	.000	0.275	0.022	.000
<i>Klassenebene</i>						
Hauptschule	-0.243	0.073	.001	-0.216	0.065	.001
Gymnasium	-0.485	0.084	.000	-0.375	0.073	.000
Hektik durch zu viel Stoff				0.063	0.018	.001
R ² _(Level 2)	0.385	0.103	.000	0.376	0.107	.000

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass viele Störungen und Unterbrechungen im Unterricht negative Auswirkungen auf das fachbezogene Lernen der Schülerinnen und Schüler hatten. Vermutlich wurde dieser Effekt durch die aktive Lernzeit (time-on-task) vermittelt, die dann reduziert war, wenn das Unterrichtsgeschehen von Störungen geprägt war. Dabei war es nicht bedeutsam, wie die Schülerinnen und Schüler die Klassenführung ihrer Lehrkraft individuell wahrnahmen. Das Interesse der Schülerinnen und Schüler am Unterricht hing hingegen davon ab, wie die Schülerinnen und Schüler das Klassenführungsverhalten ihrer Lehrkraft individuell wahrnahmen. Hatten sie den Eindruck, dass die Lehrkraft auf störende Schülerinnen und Schüler nicht oder nur selten reagierte, sich nicht bemühte, den Schülerinnen und Schülern den geplanten Unterrichtsablauf transparent zu machen oder klare Instruktionen zu geben, hatte dies Einbußen beim Fachinteresse der Schülerinnen und Schüler zur Folge.

2.5.2.2 Unterschiede in den Lerngelegenheiten zwischen Jahrgangsstufe 4 und 6

Wie in Abschnitt 2.1.2 dargelegt, lag die Annahme zugrunde, dass sich die Qualität des physikbezogenen Unterrichts zwischen der Primar- und der Sekundarstufe unterscheidet. Ursachen dafür wurden in den Rahmenbedingungen des Unterrichts, in der Ausbildung der Lehrkräfte sowie in motivationalen Orientierungen der Lehrkräfte vermutet. In diesem Abschnitt wird daher der Frage nachgegangen, inwieweit sich der physikbezogene Unterricht in Klasse 4 und in Klasse 6 unterscheiden. Dargestellt werden Ergebnisse zu Unterschieden hinsichtlich der Merkmale eines *verständnisorientierten Unterrichts* und hinsichtlich der *Effizienz der Klassenführung*.

Verständnisorientierung. Verständnisorientierung des Unterrichts wurde wie oben dargelegt über vier Merkmale definiert: (1.) Umgang mit Schülervorstellungen, (2.) Strukturierung, (3.) Kommunikation und Aushandlung von Bedeutungen und (4.) Phänomen- und Problemorientierung (siehe Abschnitt 2.4.2). Im Folgenden werden zunächst Unterschiede hinsichtlich der vier per Videoanalyse erfassten Merkmale zwischen dem physikbezogenen Sachunterricht in Jahrgangsstufe 4 und dem Physikunterricht in Jahrgangsstufe 6 beschrieben. Innerhalb der Jahrgangsstufe 6 differenzieren wir zwischen den untersuchten Schulformen Hauptschule und Gymnasium. Die zugrunde liegenden Stichproben sind 60 Grundschulklassen, 28 Hauptschul- und 25 Gymnasialklassen. Es zeigte sich, dass keiner der gefundenen geringen deskriptiven Unterschiede zwischen den drei Gruppen signifikant war. Bis auf wenige Ausnahmen waren die Effektgrößen der Unterschiede klein. Sie variierten zwischen

Cohens $d = 0.03$ und $d = 0.35$ (*Strukturierung*, GS vs. HS). Bei der *Phänomen- und Problemorientierung* zeigte sich ein Effekt von $d = 0.27$, der allerdings ebenfalls nicht signifikant war.

Legt man statt der Ergebnisse der Videoanalyse die individuellen Unterrichtswahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler zugrunde, so zeigten sich hier einige signifikante und substantielle Unterschiede zwischen den drei Schulformen. In der Grundschulstichprobe war das Merkmal *Kognitiv aktivierende Schülerversuche* signifikant höher ausgeprägt als in der Hauptschul- ($d = 0.35$) und der Gymnasialstichprobe ($d = 0.59$). Bei dem Merkmal *Praktische Aktivität* waren die Unterschiede zwischen der Grundschul- und der Hauptschul- ($d = 0.61$) bzw. der Grundschul- und der Gymnasialstichprobe am größten. Auch bei dem Merkmal *Schülergenerierte Erklärungen* zeigten sich die höchsten Werte in der Grundschulstichprobe bei Effekten von $d = 0.33$ (im Vergleich zur Hauptschule) und $d = 0.21$ (im Vergleich zu Gymnasium).

Insgesamt zeigten die Ergebnisse der Videoanalyse und die zu den individuellen Wahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler also ein unterschiedliches Bild. Während sich in der Videoanalyse keine Unterschiede hinsichtlich der Merkmale der Verständnisorientierung zwischen den drei Schulformen zeigten, beurteilten die Schülerinnen und Schüler den Grundschulunterricht insgesamt positiver. Sie fanden, dass dort kognitiv aktivierende Versuche und praktische Tätigkeiten in stärkerem Maße realisiert werden, und sie hatten den Eindruck, dass eigene, schülergenerierte Erklärungen stärker berücksichtigt und auch gewürdigt werden. Zu beachten ist, dass die Power der videobasierten Analyse geringer ist als die der Analyse der Schülerfragebögen. Allerdings fielen auch die Effekte bei den Unterschieden in den Unterrichtswahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler insgesamt größer aus.

Klassenführung. In diesem Abschnitt werden Ergebnisse zu Unterschieden in der von den Schülerinnen und Schülern wahrgenommenen Klassenführung zwischen Grundschule (Jahrgangsstufe 4) und Sekundarstufe (Jahrgangsstufe 6) berichtet. Innerhalb der Jahrgangsstufe 6 differenzieren wir wieder zwischen den untersuchten Schulformen Hauptschule und Gymnasium. Die zugrunde liegenden Stichproben sind 60 Grundschulklassen, 28 Hauptschul- und 26 Gymnasialklassen. Klassenführung wurde über drei Skalen in einem Schülerfragebogen erfasst: *Disziplin*, *Regelklarheit* und *Störungsprävention* (siehe Abschnitt 2.4.2).

Bei allen drei Merkmalen der Klassenführung zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den drei untersuchten Schulformen. Bei der Skala *Disziplin* zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Hauptschule und Gymnasium mit den höheren Werten im Gymnasium. Allerdings wurde weniger als 1% der Varianz in den Schülerwahrnehmungen durch die Schulformen erklärt, was einen sehr kleinen Effekt bedeutet. Die Regelklarheit wurde am höchsten von den Schülerinnen und Schülern der Hauptschule und am niedrigsten im Gymnasium eingeschätzt. Bei diesem Merkmal wurden immerhin 7% der Varianz der Schülerurteile durch die Schulform aufgeklärt. Beim Merkmal *Störungsprävention* waren die Unterschiede zwischen den Schulformen am größten. Hier zeigten sich die höchsten Werte in der Grundschule. Signifikant niedriger lagen die Werte in der Hauptschule und noch einmal signifikant niedriger im Gymnasium. Insgesamt klärt die Schulform bei diesem Merkmal 10% der Variation in den individuellen Schülerwahrnehmungen auf.

Hinsichtlich der von den Schülerinnen und Schülern wahrgenommenen Klassenführung in den drei untersuchten Stichproben zeigte sich folgendes Bild: In den beiden Merkmalen *Störungsprävention* und *Regelklarheit* fanden sich höhere Werte in der Grundschule im Vergleich zu den Stichproben der Sekundarstufe (bei *Regelklarheit* nur im Vergleich zum Gymnasium). Der physikbezogene Unterricht wurde hinsichtlich des Auftretens von Störungen (Merkmal *Disziplin*) in allen Schulformen in etwa gleich beurteilt. Obwohl in der Gymnasialstichprobe sowohl die *Störungsprävention* als auch die *Regelklarheit* am geringsten eingeschätzt wurden, zeigten sich hier keine bedeutsamen Nachteile im Bereich von Störungen bzw. *Disziplin*.

2.5.3 Längsschnittliche Entwicklung von Unterrichtswahrnehmung und Zielkriterien im Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe

Die bisher dargestellten Ergebnisse beziehen sich entweder auf Zusammenhänge innerhalb einer Stufe oder auf einen querschnittlichen Vergleich der erhobenen Daten zwischen der 4. und 6. Klasse. In diesem Abschnitt werden nun zwei Studien vorgestellt, die auf längsschnittlichen Erhebungen basieren. Dazu wurden in der PLUS-Längsschnittstudie 571 Viertklässerinnen und Viertklässler über den Schulstufenübergang hinweg an die weiterführenden Schulen (Hauptschulen und Gymnasien) verfolgt. Gemeinsam mit ihren neuen Klassenkameradinnen und -kameraden konnten 440 dieser Schülerinnen und Schüler jährlich bis zum Ende der 7. Klasse mittels eines Fragebogens befragt werden. Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse bezie-

hen sich auf eine Teilstichprobe von 571 der in den Klassen 4 und 5 befragten Schülerinnen und Schüler. Zwei weitere Messzeitpunkte des Längsschnitts befinden sich derzeit noch in der Auswertung. Zusätzlich zu den im Längsschnitt verfolgten Schülerinnen und Schülern wurden auch die in der Klasse befindlichen Mitschülerinnen und Mitschüler in die Erhebung einbezogen, um Referenzwerte innerhalb der Klassen zu erhalten.

Die Untersuchungen fokussieren zum einen auf die Entwicklung der Wahrnehmung der Verständnisorientierung des physikbezogenen Unterrichts durch die Lernenden und zum anderen auf die Entwicklung motivationaler und selbstbezogener Zielkriterien auf Seiten der Lernenden.

2.5.3.1 Die Entwicklung der individuellen Unterrichtswahrnehmung im Übergang von der 4. Klasse der Grundschule zur 5. Klasse an Hauptschulen und Gymnasien

Ob die Schülerinnen und Schüler Unterschiede in der Verständnisorientierung des Unterrichts im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe wahrnehmen, wurde vor dem im Abschnitt 2.1 skizzierten Hintergrund durch eine längsschnittliche Erhebung der Unterrichtswahrnehmung erfasst. Nach dem oben dargestellten Modell für Unterrichtsqualität (siehe Abschnitt 2.2) ist anzunehmen, dass solche individuellen Wahrnehmungen für die Entwicklung motivationaler und kognitiver Zielkriterien bedeutsam sind. Die Erfassung der wahrgenommenen Verständnisorientierung bezog sich auf die Unterkonstrukte *kognitiv aktivierende Schülerversuche*, *praktische Aktivitäten*, *Alltagsbezug*, *schülergenerierte Erklärungen* und *fehlende Klarheit* (siehe Abschnitt 2.4.2.3).

In Abbildung 2.3 sind erste Ergebnisse dargestellt. Die ausgewertete Stichprobe bezieht sich auf 221 Schülerinnen und Schüler, die im fünften Schuljahr im Fach Physik unterrichtet wurden und zudem zu beiden Messzeitpunkten (Messzeitpunkte 1 und 2) den Fragebogen zu ihrem physikbezogenen Unterricht ausgefüllt haben (siehe Abschnitt 2.4.2.3).

Für die Auswertungen der vorliegenden Daten wurden Varianzanalysen mit Messwiederholungen berechnet. Die Ergebnisse der Gesamtstichprobe zeigten einen signifikanten Abfall hinsichtlich verständnisfördernder Unterrichtsmerkmale aus Sicht der Lernenden von der 4. zur 5. Klasse. In vier der fünf Skalen zeigten sich dabei große Effekte (part. η^2 : *kognitiv aktivierende Schülerversuche* 0.234, *praktische Aktivitäten* 0.328, *Alltagsbezug*, *schülergenerierte Erklärungen* 0.124

und *fehlende Klarheit* 0.190), lediglich bei der Skala *Alltagsbezug* zeigte sich ein kleiner Effekt (part. $\eta^2 = 0.059$). Dieser Abfall zeigte sich sowohl in der Hauptschule als auch auf dem Gymnasium. Die Entwicklung der Hauptschülerinnen und -schüler unterschied sich dabei nicht signifikant von denen der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten. Ohne einen Einfluss auf die Interaktion zwischen Zeitfaktor und Schulform zu haben, lagen in den Skalen *schülergenerierte Erklärungen* und *fehlende Klarheit* Unterschiede auf der Ebene der Schulform vor: In beiden Fällen nahmen die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten sowohl in ihrem Unterricht der Grundschule als auch im Unterricht am Gymnasium signifikant mehr verständnisfördernde Unterrichtsmerkmale wahr als die Hauptschülerinnen und -schüler. Die Effektgrößen dieser Unterschiede lagen mit einem part. η^2 von 0.028 und 0.080 im kleinen bzw. mittleren Bereich.

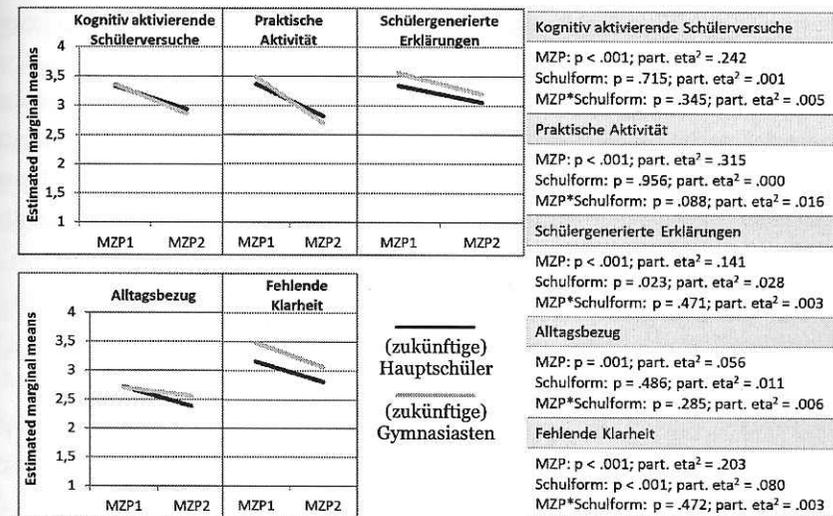


Abbildung 2.3: Längsschnittliche Entwicklung der Unterrichtswahrnehmung von der 4. zur 5. Klasse hinsichtlich der Wahrnehmung verständnisfördernder Merkmale

Mit dem Geschlecht als between-Faktor zeigten sich bei beiden Geschlechtern signifikante Unterschiede zwischen dem wahrgenommenen physikbezogenen Unterricht der 4. und der 5. Klasse. Während kein signifikanter Zusammenhang zwischen

Zeitfaktor und Geschlecht bestand, lagen bedeutsame Unterschiede auf der Ebene des Geschlechts vor (Ausnahme Skala *Alltagsbezug*): Mädchen nahmen sowohl in der Grundschule als auch später in der 5. Klasse ihrer weiterführenden Schule mehr verständnisfördernde Unterrichtsmerkmale wahr als Jungen. Alle signifikanten Unterschiede gingen mit kleinen Effekten, die zwischen 0.018 und 0.043 liegen, einher.

Diese ersten Befunde zur längsschnittlichen Entwicklung der Wahrnehmung durch die Schülerinnen und Schüler zeigten, dass mit dem Wechsel auf die weiterführende Schule signifikant weniger verständnisfördernde Merkmale im jeweiligen physikbezogenen Unterricht von den Lernenden wahrgenommen wurden als im 4. Schuljahr der Grundschule. Wenngleich die besuchte Schulform (Hauptschule oder Gymnasium) und das Geschlecht keine Auswirkungen auf die Veränderungen im erlebten Unterricht hatten, zeigte sich in fast allen Skalen (ausgenommen die Skala *Alltagsbezug*) eine signifikant positivere Wahrnehmung des Unterrichts bei den Mädchen im Vergleich zu den Jungen.

Inwieweit der Rückgang verständnisfördernde Merkmale im Unterricht durch die tendenziell positivere Sicht der Grundschülerinnen und -schüler auf ihre Lehrkraft und den Unterricht begründet werden kann, oder ob der negative Trend im weiteren Verlauf der Sekundarstufe anhält, soll durch weitere Auswertungen der Längsschnittstudie PLUS näher beleuchtet werden.

2.5.3.2 Die Entwicklung motivationaler und selbstbezogener Zielkriterien im Übergang von der 4. Klasse der Grundschule zur 5. Klasse an Hauptschulen und Gymnasien

Im Rahmen der PLUS-Längsschnittstudie wurde vor dem in Abschnitt 2.1 skizzierten Hintergrund geprüft, wie sich die physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen von Schülerinnen und Schülern im Übergang von der 4. Klasse der Grundschule zur 7. Klasse der Sekundarstufe entwickeln.

Dazu wurden 571 Viertklässler über den Schulstufenübergang hinweg an die weiterführenden Schulen verfolgt. Gemeinsam mit ihren neuen Klassenkameradinnen und -kameraden konnten ca. 440 dieser Schülerinnen und Schüler jährlich bis zum Ende der 7. Klasse mittels eines Fragebogens befragt werden. Die erhobenen Konstrukte *situationales Interesse*, *individuelles Interesse*, *außerschulisches Interesse*, *Fähigkeitsselbstkonzept*, *themenspezifische Selbstwirksamkeit* sowie *empfundene Kompetenz* wurden in Abschnitt 2.4.2.4 dargestellt. Im Folgenden werden erste Ergebnisse

zur Entwicklung der Interessen und der selbstbezogenen Kognitionen der Schülerinnen und Schüler von der 4. zur 5. Klasse vorgestellt. Die Stichprobe bilden 528 Schülerinnen und Schüler, die zu den ersten beiden Messzeitpunkten (Messzeitpunkte 1 und 2) den Fragebogen zu den Interessen und selbstbezogenen Kognitionen ausgefüllt haben (siehe Abschnitt 2.4.2.4).

Die vorliegenden Daten der ersten beiden Messzeitpunkte wurden mittels Varianzanalysen mit Messwiederholung ausgewertet. Im Rahmen dieser Analysen zeigte sich für die Gesamtstichprobe ein signifikanter Rückgang der Interessen und selbstbezogenen Kognitionen der Schülerinnen und Schüler vom 4. zum 5. Schuljahr. Beim situationalen, individuellen und außerschulischen Interesse lagen dabei höhere Effekte vor (part. $\eta^2 = 0.365/0.384/0.304$) als beim *Fähigkeitsselbstkonzept*, der *Selbstwirksamkeit* sowie der *empfundene Kompetenz* (part. $\eta^2 = 0.121/0.147/0.225$).

Betrachtet man die Entwicklung der fokussierten schulischen Zielvariablen getrennt für Schülerinnen und Schüler, die nach dem Schulstufenübergang auf die Hauptschule bzw. das Gymnasium wechselten (siehe Abbildung 2.4), so ist bei allen Konstrukten mit Ausnahme des *individuellen Interesses* ein signifikanter Schulformunterschied erkennbar (part. $\eta^2 = 0.066$ (*situationales Interesse*)/= 0.035 (*außerschulisches Interesse*)/= 0.033 (*Fähigkeitsselbstkonzept*)/= 0.055 (*themenspezifische Selbstwirksamkeit*)/= 0.099 (*empfundene Kompetenz*); die betrachteten Zielvariablen gingen signifikant stärker bei denjenigen Schülerinnen und Schülern zurück, die nach Klasse 4 auf das Gymnasium wechselten. Auffällig ist zudem, dass für die zukünftigen Hauptschülerinnen und -schüler bereits in der Grundschule deutlich niedrigere Ausgangswerte zu verzeichnen waren als für ihre Klassenkameradinnen und -kameraden, die ab dem 5. Schuljahr das Gymnasium besuchen werden. Die niedrigeren Ausgangswerte der Hauptschülerinnen und -schüler blieben im Falle der selbstbezogenen Kognitionen nach dem Schulstufenübergang relativ stabil, so dass für diese Subgruppe keine signifikanten Rückgänge der selbstbezogenen Kognitionen über den Schulstufenübergang hinweg festzustellen waren.

Analysiert man die Entwicklung der betrachteten schulischen Zielvariablen für Mädchen und Jungen getrennt, so ließen sich signifikante Unterschiede in der Entwicklung der Zielvariablen nur für die Konstrukte *individuelles Interesse* und *Fähigkeitsselbstkonzept* feststellen. Hier war bei den Mädchen jeweils ein stärkerer Rückgang zu verzeichnen als bei den Jungen, wenngleich es sich in beiden Fällen um sehr kleine Effekte handelte (part. $\eta^2 = 0.011/0.009$). Mit Blick auf das *Fähigkeitsselbst-*

konzept ($p < .001$; part. $\eta^2 = 0.038$) und die außerschulischen Interessen ($p = .005$; part. $\eta^2 = 0.037$) bestanden zudem generelle Unterschiede zwischen den untersuchten Schülerinnen und Schülern.

Die Auswertung der ersten beiden Messzeitpunkte zeigte, dass der Rückgang von physikbezogenen Interessen für alle betrachteten Schülerinnen und Schüler im Mittel bereits nach dem 4. Schuljahr einsetzt. Die selbstbezogenen Kognitionen gingen hingegen nur bei den Schülerinnen und Schülern signifikant zurück, die nach dem Schulstufenübergang auf das Gymnasium wechselten. Während geschlechtsspezifische Unterschiede bis zur fünften Klasse eher eine untergeordnete Rolle zu spielen schienen, hatte die besuchte Schulform nach dem Schulstufenübergang deutliche Auswirkungen auf die Entwicklung der physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen. Inwieweit diese schulformspezifischen Entwicklungen auf die veränderte Leistungsstärke der neuen Mitschülerinnen und Mitschüler nach dem Schulstufenübergang (Big-Fish-Little-Pond-Effekt; Seaton, Marsh & Craven, 2010) oder aber auch auf Unterschiede in der Unterrichtsgestaltung zurückzuführen sind, wird zu untersuchen sein.

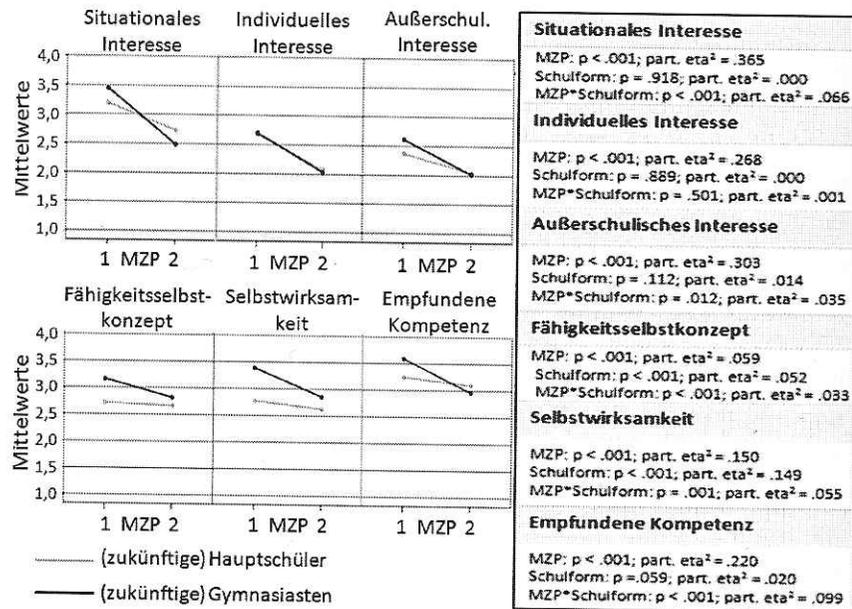


Abbildung 2.4: Schulformspezifische Entwicklungsverläufe

2.6 Weitere Studien zum Lernen in der Primar- und frühen Sekundarstufe

Neben der PLUS-Studie befassten bzw. befassen sich weitere Projekte innerhalb der nwu-essen mit dem Lernen im Primarbereich bzw. im frühen Sekundarbereich. In der Studie von Susanne Mannel ging es um die Erfassung prozeduralen naturwissenschaftlichen Wissens bei jungen Sekundarschülerinnen und -schülern (2.6.1). Die Studie von Simone Herrlinger ging der Frage nach, wie effizient Text-Bild-Kombinationen im Hinblick auf den Lernerfolg bei Grundschulkindern sind (2.6.2). Drei weitere Studien befinden sich noch in Bearbeitung (2.6.3).

2.6.1 Erfassung prozeduralen naturwissenschaftlichen Wissens bei Lernenden an der Hauptschule und am Gymnasium

Im Zentrum internationaler Leistungsstudien steht die zeiteffiziente Erfassung naturwissenschaftlichen Fachwissens, basierend auf einem großen Aufgabenpool, mit Hilfe von Papier- und Bleistift-Tests. Der ebenfalls im Zusammenhang von *Scientific Literacy* diskutierte Aspekt des *prozeduralen Wissens* (Bybee, 2002), d.h. des Wissens über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, wird in diesen Tests bisher nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Interviewstudien (z.B. Bullock & Ziegler, 1999), die auf die Erhebung *prozeduralen Wissens* abzielen, haben demgegenüber den Nachteil, aus nur wenigen Aufgaben zu bestehen und viel Zeit für die Durchführung in Anspruch zu nehmen.

Im Rahmen der Dissertation von Susanne Mannel wurde aus diesem Grund ein zeiteffizienter Papier- und Bleistifttest zur Erfassung *naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen* (NAW-Test) bei Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 5 und 7 entwickelt und validiert (Mannel, 2011). Mit Hilfe des Testinstruments sollten Leistungsunterschiede zwischen Hauptschülerinnen und -schülern und Gymnasiastinnen und Gymnasiasten differenziert gemessen werden können, wobei insbesondere auf die Erfassung von Schülerleistungen im unteren Leistungssegment abgezielt wurde. Für die Entwicklung der Testaufgaben wurde ein zweidimensionales Kompetenzmodell zugrunde gelegt, welches sich zum Teil an den Dimensionen des ESNaS-Modells (Walpuski, Kampa, Kauertz & Wellnitz, 2008) zur Evaluation der nationalen Bildungsstandards in den Naturwissenschaften orientiert. Erfasst wurden das Wissen über die Erforderlichkeit von Kontrastexperimenten, die damit verbundene Variablenkontrollstrategie sowie das Verifizieren und Falsifizieren von

Hypothesen auf der Basis von Versuchsergebnissen. Die Schwierigkeit der insgesamt 140 Testaufgaben wurde über die beiden Dimensionen *Aufgabenkomplexität* und *Grad der Hilfestellung* variiert (siehe Mannel, 2011). Die folgenden Fragestellungen lagen zugrunde: 1. Ist der Test ein valides Testinstrument zur Erfassung des Wissens über Experimentierstrategien? 2. Können die Modellannahmen (Aufgabenschwierigkeit steigt mit zunehmender Komplexität bzw. mit Abnahme von Hilfestellungen an) empirisch nachgewiesen werden? 3. Können Leistungsunterschiede zwischen Hauptschülerinnen und Hauptschülern und Gymnasiastinnen und Gymnasiasten mit dem Testinstrument abgebildet werden?

2.6.1.1 Methode

Die Testaufgaben wurden im Rahmen der Hauptstudie einer Stichprobe von 1192 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 5 vorgelegt. Diese verteilte sich gleichmäßig auf die beiden Schulformen Hauptschule und Gymnasium. Die insgesamt 140 Testaufgaben wurden per Multi-Matrix-Design auf 18 Testhefte verteilt. Jede Testaufgabe wurde von mindestens 114 Schülerinnen und Schülern bearbeitet, was der von Rost (2004) ausgesprochenen Empfehlung von 100 Probanden pro Testaufgabe entspricht. Zusätzlich wurden Lesekompetenz (Lenhard & Schneider, 2006) und allgemeine kognitive Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000a) zum Zweck der Validierung erhoben.

2.6.1.2 Ergebnisse

Die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Hauptstudie: *Testgüteprüfung*. Bezüglich der *Testgüte* wurde der NAW-Test hinsichtlich der Gütekriterien *Objektivität*, *Reliabilität* und *Validität* (Leutner, Hartig & Jude, 2008) geprüft. Dem Gütekriterium der Objektivität ist insofern entsprochen worden, als der Ablauf der Testungen vereinheitlicht war. Da alle Testaufgaben im geschlossenen Antwortformat vorliegen, kann das Testinstrument insgesamt als objektiv in Bezug auf seine Auswertung angesehen werden. Die Reliabilität wurde im Rahmen von Raschanalysen für dichotome Daten nachgewiesen. Hierbei hat sich gezeigt, dass das Instrument ein reliables Testinstrument ist (EAP/PV Reliabilität: .76, Varianz: 1.26). Vor dem Hintergrund einer diskriminanten Validierung konnte gezeigt werden, dass der Test ein von Leseverstehen und kognitiven Fähigkeiten abgrenzbares Konstrukt erfasst. Hinweisen darauf, dass mit dem NAW-Test tatsächlich Fähigkeiten gemessen werden, die dem Konstrukt *naturwissenschaftliche Arbeitsweisen* zugeschrieben werden können,

haben Rohwertanalysen der Daten ergeben. Dabei wurde danach geschaut, mit welcher Häufigkeit die Probanden die in den Distraktoren angebotenen und in der Literatur zu *Scientific Inquiry* und *Scientific Reasoning* beschriebenen typischen Fehlkonzepte jüngerer Schülerinnen und Schüler der im Attraktor der Aufgabe dargebotenen wissenschaftlich korrekten Antwort vorgezogen haben.

Evaluation des Kompetenzmodells. Das Kompetenzmodell, bestehend aus den beiden Faktoren *Komplexität* und *Grad der Hilfestellung*, soll die Schwierigkeit der Aufgaben vorhersagen. Dabei sollen Aufgaben umso anspruchsvoller werden, je komplexer sie sind bzw. je weniger Hilfestellung ein Proband zu deren Lösung erhält (Mannel, 2011). Um die Modellannahmen empirisch zu prüfen, wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse gerechnet. Entsprechend der Erwartungen zeigen sich statistisch signifikante Haupteffekte für beide Faktoren: *Komplexität* ($F(2,115) = 31.304, p = .003; \eta^2 = 0.353$) und *Grad der Hilfestellung* ($F(2,115) = 6.224, p \leq .001; \eta^2 = 0.098$). Die Berechnung von Kontrasten hat zudem gezeigt, dass die Aufgabenschwierigkeit entsprechend der vorhergesagten Reihenfolge ansteigt (ein Fakt – ein Zusammenhang – zwei Zusammenhänge). Den Faktor *Grad der Hilfestellung* betreffend, konnte über Kontraste gezeigt werden, dass sich zumindest die unterste Faktorstufe und die oberste Faktorstufe statistisch signifikant im Einklang mit den Modellannahmen voneinander trennen lassen. Zusammenfassend kann die hierarchische Struktur des Kompetenzmodells als bestätigt angesehen werden.

Leistungsvergleich (Hauptschülerinnen und -schüler/Gymnasiastinnen und Gymnasiasten). Für den Leistungsvergleich wurde eine einfaktorische Varianzanalyse mit dem Personenparameter aus der Raschanalyse als abhängige Variable und dem Faktor Schulform als unabhängige Variable berechnet. Erwartungskonform konnte ein hochsignifikanter Unterschied in den Schülerleistungen der beiden Gruppen aufgezeigt werden, wobei die Gruppe der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten ($M = .435, SE = .059$) im Mittel höhere Leistungen erzielte als die Gruppe der Hauptschülerinnen und -schüler ($M = -.918, SE = .030; t(775.183) = -20.648, p \leq .001$).

2.6.2 Multimediales Lernen im Primarbereich

Im Rahmen der Forschung zum multimedialen Lernen existieren viele Instruktionsprinzipien und Empfehlungen hinsichtlich der Gestaltung von Lernmaterialien, Texten und Bildern (für einen Überblick siehe Mayer, 2005). Zwei dieser

Designprinzipien sind das Multimedia- und das Modalitätsprinzip. Dem Multimediaprinzip folgend ist die Präsentation von Text und Bild lernförderlicher als die alleinige Präsentation von Text (Fletcher & Tobias, 2005). Wird jedoch ein Text mit zugehörigen Bildern präsentiert, so lässt sich der Lernerfolg nach dem Modalitätsprinzip nochmals steigern, wenn der Text auditiv anstatt visuell dargeboten wird (Low & Sweller, 2005). Theoretische Grundlage bildet u.a. die *Kognitive Theorie des Multimedialen Lernens* (Mayer, 2005; 2009). Obwohl die Ergebnisse vieler Studien das Multimedia- und das Modalitätsprinzip stützen (z.B. Carney & Levin, 2002; Ginns, 2005), gibt es einige Studien, die keine Multimedia- und Modalitätseffekte nachweisen konnten (z.B. De Westelinck, Valcke, De Craene & Kirschner, 2005; Tabbers, Martens & van Merriënboer, 2004). Zudem haben bisher nur wenige Studien die o.g. Prinzipien bei Kindern mit expositorischen naturwissenschaftlichen Texten im realistischen Schulkontext untersucht (z.B. Segers, Verhoeven & Hulstijn-Hendrikse, 2008), so dass im Rahmen der Dissertation von Simone Herrlinger u.a. folgende Fragestellungen bearbeitet wurden: 1. Inwieweit zeigen sich Multimedia- und Modalitätseffekte bei Grundschülerinnen und -schülern (Viertklässlern)? 2. Verteilen die Kinder ihre Aufmerksamkeit gleichmäßig zwischen Text und Bild? Oder können Bilder die Aufmerksamkeit der Kinder auf sich ziehen und vom Text weglenken?

2.6.2.1 Methode

Insgesamt nahmen 151 Viertklässler (71 Mädchen; 80 Jungen) aus vier Grundschulen an der (quasi-)experimentellen Studie teil. Sie waren durchschnittlich 10 Jahre alt. Es wurde ein 2x2 Design mit zwei unabhängigen Variablen, *Art des Lernmaterials (Text vs. Text und Bilder)* und *Art der Textpräsentation (geschrieben vs. gesprochen)* realisiert. 38 Kinder erhielten *geschriebenen Text*, 37 Kinder erhielten *geschriebenen Text und Bilder*, 37 Kindern wurde der Text auditiv präsentiert und 39 Kindern wurden zusätzlich zum auditiv präsentierten Text Bilder vorgegeben. Innerhalb einer jeden Klasse wurden vier Gruppen von Schülerinnen und Schülern gebildet. Diese vier Gruppen wurden bzgl. der Leistungsstärke und des Geschlechts grob parallelisiert und zufällig den vier Bedingungen zugewiesen. Als abhängige Variablen wurden der *Lernerfolg insgesamt, im Text fokussierte Informationen, im Bild fokussierte Informationen, sowohl im Text als auch im Bild fokussierte Informationen* als auch die *Transferleistung* erfasst. Kontrolliert wurden die non-

verbale Intelligenz (KFT; Heller & Perleth, 2000a) und das Leseverständnis (ELFE; Lenhard & Schneider, 2006).

Dem Vorgehen von Peeck (1974, 1993) folgend, wurden zwei Lerneinheiten entwickelt, bei denen die Beziehung zwischen Text und Bild berücksichtigt wurde, so dass beide Lerneinheiten *im Text fokussierte Informationen, im Bild fokussierte Informationen* und *sowohl im Text als auch im Bild fokussierte Informationen* enthielten. Die Lerneinheiten bestanden jeweils aus einem biologischen Text zum Thema *Blutkreislauf* sowie aus entsprechenden Bildern. Die Anordnung von Text und Bild erfolgte in den zwei Lerneinheiten in Abhängigkeit davon, (1) ob Bilder präsentiert wurden und (2) ob es sich um geschriebenen oder gesprochenen Text handelte. Geschriebener Text ohne Bilder wurde jeweils in der Mitte eines Blattes Papier platziert. Wurden zusätzlich zum geschriebenen Text Bilder präsentiert, so wurde ein schultypisches split-attention Format gewählt, d.h. der Text wurde auf der linken Seite des Papiers platziert, das entsprechende Bild auf der rechten Seite. Gesprochener Text wurde von einer CD abgespielt. Wurden zusätzlich zum gesprochenen Text Bilder präsentiert, so wurden diese jeweils in der Mitte des Papiers platziert.

Zusätzlich wurde für beide Lerneinheiten je ein kriteriumsorientierter Multiple-Choice-Test nach dem Vorgehen von Klauer (1987) und Feger (1984) konstruiert. Die Multiple-Choice-Tests umfassten vier Subskalen (mit Items zu *im Text fokussierten Informationen, im Bild fokussierten Informationen, sowohl im Text als auch im Bild fokussierten Informationen* sowie *Transferitems*). Beide Lerneinheiten umfassten jeweils 32 single-select Items mit je vier Antwortalternativen. Am ersten Tag erhielten die Viertklässler die erste Lerneinheit (Dauer: 8 Minuten) mit der Instruktion, sich so viel wie möglich vom Text und von den Bildern zu merken. Danach wurde eine Distraktoraufgabe (Dauer: 5 Minuten) vorgegeben und im Anschluss wurde der Lernerfolg mit dem entsprechenden Multiple-Choice Test gemessen (Zeitlimit von 20 Minuten). Am zweiten Tag erhielten die Viertklässler die gleiche Prozedur mit der zweiten Lerneinheit. Am dritten Tag wurden die Kontrollvariablen nonverbale Intelligenz (KFT, Heller & Perleth, 2000b) und Leseverständnis (ELFE, Lenhard & Schneider, 2006) erfasst.

2.6.2.2 Ergebnisse

Die Analysen basieren auf den Daten von 137 Kindern. Zuerst wurde die erreichte Punktzahl in den kriteriumsorientierten Tests (Lernerfolg insgesamt und Subskalen)

hinsichtlich der non-verbalen Intelligenz und des Leseverständnisses adjustiert. Dann wurde eine MANOVA gerechnet (abhängige Variablen: adjustierte Gesamtpunktzahlen der ersten und der zweiten Lerneinheit, unabhängige Variablen: *Art des Lernmaterials* und *Art der Textpräsentation*). Die Ergebnisse wiesen darauf hin, dass sowohl die Bilder der ersten als auch der zweiten Lerneinheit nur dann die Lernresultate der Grundschülerinnen und -schüler verbessert haben, wenn der Text gesprochen anstatt geschrieben wurde. Anschließende univariate ANOVAs mit geplanten Kontrasten zeigten ein ähnliches Ergebnismuster für die Subskalen der kriteriumsorientierten Tests beider Lerneinheiten, weshalb lediglich die Ergebnisse der ersten Lerneinheit dargestellt werden. Hinsichtlich des *Lernerfolgs insgesamt* wurde kein Multimediaeffekt, jedoch ein Modalitätseffekt gefunden. Ein „umgekehrter Multimediaeffekt“ sowie ein Modalitätseffekt konnten für *im Text fokussierte Informationen* nachgewiesen werden. Im Hinblick auf *im Bild fokussierte Informationen* zeigten sich sowohl ein Multimedia- als auch ein Modalitätseffekt. Bezüglich der *sowohl im Text als auch im Bild fokussierten Informationen* konnte weder ein Multimedia- noch ein Modalitätseffekt gefunden werden. Bezüglich der *Transferleistung* zeigte sich kein Multimediaeffekt, jedoch ein Modalitätseffekt (Herrlinger, 2011).

2.6.3 Noch laufende Studien

Ergebnisse aus Videoanalysen, die im Rahmen der PLUS-Studie durchgeführt wurden (Ohle, 2010), haben gezeigt, dass Unterrichtsstunden im physikbezogenen Sachunterricht häufig nicht angemessen sequenziert sind und dass insbesondere die Phase der Reflexion nur sehr selten vorkommt, obwohl sie als bedeutsam für den Lernerfolg angesehen werden muss. Anknüpfend an die Basismodelle von Oser und Baeriswyl (2001) ist es das Ziel einer von *Tina Krumbacher* in der Arbeitsgruppe von *Hans Fischer* durchgeführten Studie, zu erforschen, wie sich Reflexionsphasen in den Sachunterricht implementieren lassen und welchen Einfluss eine solche Implementation auf die Nutzung von Lerngelegenheiten und den Leistungszuwachs haben. Bei der Implementation wurden insbesondere die Basismodelle *Eigenerfahrung*, *Konzeptbilden* und *Problemlösen* berücksichtigt, da diese für das Lernen von Physik als besonders relevant erachtet werden (z.B. Reyer, 2004; Wackermann, 2007). Folgende Fragen sollen geklärt werden: 1. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Sequenzierung von Lernprozessen und Nutzung des Angebots durch die Schüle-

rinnen und Schüler? 2. Besteht ein Zusammenhang zwischen Lernzuwachs und der Qualität der Umsetzung der einzelnen Handlungskettenschritte? Dazu wurden in einer Interventionsstudie über einen Zeitraum von fünf Doppelstunden in fünf Klassen der vierten Jahrgangsstufe (n= 125) Unterricht zu *Verdunstung und Kondensation* durchgeführt. Diese Einheit wurde auf Grundlage der o.g. Basismodelle geplant, wobei in jeder der Doppelstunden ein Basismodell implementiert wurde (jeweils zweimal *Konzeptbilden* und *Lernen durch Eigenerfahrung*, einmal *Problemlösen*). In allen fünf Klassen wurde die Einheit von derselben Mitarbeiterin durchgeführt. Der videografierte Unterricht wird mit Hilfe einer Videokodierung analysiert und mit dem ermittelten Leistungszuwachs in Beziehung gesetzt werden.

Videoanalysen sind auch Gegenstand der Dissertation von *Mira Laux*. Ausgehend von Ergebnissen der PLUS-Studie, wonach das naturwissenschaftliche Interesse im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe abfällt (Kleickmann, 2011; Walper, 2012), soll in dieser Studie untersucht werden, ob dieser Abfall mit Unterschieden in der Implementierung praktischer Aktivitäten in dem Unterricht zusammenhängt. Unter praktischen Aktivitäten werden in Anlehnung an Abrahams und Millar (2008) solche Unterrichtsaktivitäten verstanden, in denen die Schülerinnen und Schüler aktiv Materialien manipulieren oder beobachten. Von einer Implementierung solcher Aktivitäten wird ein positiver Effekt auf die Förderung des Interesses angenommen (Bergin, 1999; Ben-Zvi, Hofstein, Samuel & Kempa, 1976; Cheung, 2009; Hofstein, 2004; Hofstein & Lunetta, 1982; Pfeifer, Häußler & Lutz, 2002). Da praktische Aktivitäten – um lernwirksam zu sein – neben der eigentlichen Durchführung auch eine Planung (z.B. Formulierung einer Fragestellung) und Nachbereitung (Interpretation der Ergebnisse) umfassen sollten (z.B. Hofstein, 2004), erscheint es notwendig, praktische Aktivitäten nicht separat, sondern eingebettet in den Unterrichtsverlauf zu untersuchen. Ausgehend von diesen theoretischen Annahmen und in Anlehnung an bereits existierende Instrumente (Hugener, 2006; Seidel, Dalehefte & Meyer, 2001; Seidel, 2003; Tesch, 2005; Tesch & Duit, 2001) wurde ein mittelinferentes Instrument (PACS = Practical Activity Category System) entwickelt, um den im Rahmen der PLUS-Studie videografierten Unterricht von 60 Klassen der Grundschule und 52 Klassen der Sekundarstufe bzgl. der Implementierung von praktischen Aktivitäten vergleichend zu analysieren.

Erste Ergebnisse zeigten in allen Dimensionen signifikante Unterschiede zwischen den Schulstufen bei durchweg mittleren bis großen Effekten; z.B. wird deutlich weni-

ger Zeit in der Sekundarstufe für praktische Aktivitäten, insbesondere für Schülerexperimente, sowie für Gruppenarbeit aufgewendet. Weitere Auswertungen sollen nun – unter Nutzung von Daten aus der PLUS-Studie – zeigen, ob diese Unterschiede mit schulstufenspezifischen Unterschieden in den Interessen der Schülerinnen und Schüler zusammenhängen. Mit einem hoch-inferenten, international anschlussfähigen Instrument (P-SOP; Forbes, Biggers & Zangori, in press) soll zudem geprüft werden, inwieweit der Unterricht in der Grundschule bzw. in der Sekundarstufe Merkmale eines forschend-entdeckenden Unterrichts trägt, wie diese Merkmale mit den Unterrichtswahrnehmungen und Interessen der Lernenden zusammenhängen und ob sich Zusammenhänge mit dem im Unterricht erreichten Verständnis zeigen.

Eine ebenfalls an die PLUS-Studie angeschlossene Dissertation von *Steffen Tröbst* setzt an dem in Deutschland gravierenden Problem der sozialen Disparitäten im Hinblick auf Schülerleistungen an (z.B. Baumert, Stanat, & Watermann, 2006). In dieser Dissertation wird die Frage verfolgt, welche Schülermerkmale als Mediator bei dem Effekt des sozio-demographischen Status auf die Schülerleistung fungieren (Baumert, Watermann, & Schümer, 2003). Zur Klärung dieser Frage werden Ergebnisse der in der PLUS-Studie eingesetzten Leistungstests zur Erfassung des Wissens über Aggregatzustände mit ebenfalls dort erhobenen sozio-demographischen Daten in Beziehung gesetzt.

2.7 Forschungsertrag

Gegenstand dieses Kapitels ist das naturwissenschaftliche Lernen von Schülerinnen und Schülern in der Phase des Schulstufenübergangs von der Grundschule zur Sekundarstufe bzw. zum Lernen in der Primar- und frühen Sekundarstufe. Bisher liegen in Deutschland erst wenige Studien zu dieser Altersstufe vor. Vor dem Hintergrund der Annahme, dass das frühe Lernen von Naturwissenschaften die spätere Entwicklung von Interessen, Leistungsdispositionen und auch selbstbezogenen Kognitionen hinsichtlich des Lernens von Naturwissenschaften beeinflusst, kommt der Aufklärung von günstigen Lernbedingungen in der Phase des Schulstufenübergangs große Bedeutung zu.

Der erste Teil der PLUS-Studien bezog sich auf professionelle Kompetenzen von Lehrkräften. Erwartungsgemäß zeigten sich bei dem Vergleich von Grundschul-, Hauptschul- und Gymnasiallehrkräften in den stärker auf die physikalischen Fachinhalte bezogenen Komponenten der professionellen Kompetenz (Fachwissen und

Fachenthusiasmus) bedeutsame Unterschiede zugunsten der Lehrkräfte aus den weiterführenden Schulen. In den stärker unterrichtsbezogenen Komponenten (fachdidaktisches Wissen und Unterrichtsenthusiasmus) waren diese Unterschiede allerdings nicht nachzuweisen; hier zeigte sich, dass Grundschullehrkräfte hinsichtlich ihrer emotionalen Bereitschaft, physikbezogene Themen zu unterrichten, mit Sekundarschullehrkräften vergleichbar sind. Zudem scheint es Grundschullehrkräften zu gelingen, ein geringeres Fachwissen so auszugleichen, dass sie in ihrem fachdidaktischen Wissen mit Sekundarschullehrkräften vergleichbar sind. Da in Studien im Bereich Mathematik am Ende der Sekundarstufe I bislang immer starke Zusammenhänge zwischen dem fachlichen Wissen und dem fachdidaktischen Wissen und signifikante Unterschiede zwischen unterschiedlich ausgebildeten Lehrkräften (z.B. Hauptschul- und Gymnasiallehrkräften) ermittelt wurden (Brunner et al., 2006), werfen die Ergebnisse der PLUS-Studie die Frage nach der kompensatorischen Rolle des pädagogischen Wissens von Grundschullehrkräften im frühen naturwissenschaftlichen Unterricht auf. Wie wichtig das in der Studie gemessene fachdidaktische Wissen von Grundschullehrkräften für die Zielerreichung von Grundschulkindern ist, zeigte sich in Mehrebenenanalysen. Das fachdidaktische Wissen erwies sich als positiv prädiktiv sowohl für die Posttestleistung als auch für das Fachinteresse und das Kompetenzerleben. Beim Fachwissen von Grundschullehrkräften zeigte sich, dass sich dieses dann positiv auf die Schülerleistung auswirkt, wenn der Unterricht angemessen strukturiert ist. Noch ausstehende Analysen werden die Frage zu klären versuchen, wie das Zusammenwirken von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen das Erreichen multipler Ziele beeinflusst. Zusammengefasst weisen die vorliegenden Ergebnisse auf die Bedeutung der Förderung professioneller Kompetenzen hinsichtlich des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens in der Ausbildung von Grundschullehrkräften hin.

Der zweite Teil der Untersuchungen der PLUS-Studie bezog sich auf den Unterricht. Hier zeigte sich, dass sowohl die Verständnisorientierung des physikbezogenen Unterrichts als auch bestimmte Merkmale der Klassenführung für den Lernerfolg und für motivationale Zielvariablen relevant sind. Vor dem Hintergrund der Annahme schulstufenspezifischer Unterrichtskulturen in der Primar- und der Sekundarstufe wurden des Weiteren Unterschiede in den Lerngelegenheiten zwischen dem physikbezogenen Sachunterricht in Klasse 4 und dem Physikunterricht in Klasse 6 untersucht. In der Videoanalyse zeigten sich hinsichtlich der Verständnisorientierung

des physikbezogenen Unterrichts zunächst keine Unterschiede zwischen den untersuchten Schulformen. Die Grundschul Kinder schätzten allerdings den physikbezogenen Unterricht in Bezug auf die von ihnen erlebte Verständnisorientierung positiver ein als die Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe. Weitere Aufklärung wird von ausstehenden hoch- und mittel-inferenten Videoanalysen zur Implementierung forschend-entdeckenden Lernens erwartet.

Auch hinsichtlich der von den Schülerinnen und Schülern wahrgenommenen Klassenführung zeigten sich schulstufenbezogene Unterschiede. Bei den beiden Merkmalen *Störungsprävention* und *Regelklarheit* fanden sich höhere Werte im physikbezogenen Sachunterricht der Grundschule im Vergleich zum Physikunterricht an den untersuchten Hauptschulen und Gymnasien (bei *Regelklarheit* nur im Vergleich zum Gymnasium). Das Ausmaß an Störungen im Unterricht (Merkmal *Disziplin*) wurde von den Schülerinnen und Schülern der untersuchten drei Schulformen in etwa gleich beurteilt; obwohl in der Gymnasialstichprobe sowohl die *Störungsprävention* als auch die *Regelklarheit* am geringsten eingeschätzt wurden, zeigten sich hier keine bedeutsamen Nachteile im Bereich von Störungen bzw. *Disziplin*.

Die im dritten Teilbereich der PLUS-Studie im Zentrum stehenden längsschnittlichen Analysen richten sich auf die Aufklärung der Entwicklung individueller Wahrnehmungen von Unterricht im Schulstufenübergang und der Entwicklung motivationaler und selbstbezogener Zielvariablen. Erste Auswertungen haben gezeigt, dass in der Wahrnehmung verständnisfördernder Merkmale von Unterricht und auch im physikbezogenen Interesse ein deutlicher Rückgang beim Übergang auf die weiterführende Schule festzustellen ist. Hier wird auch von durchgeführten Interviews noch weitere Aufklärung erwartet, in denen Sekundarstufenschülerinnen und -schülern in der 7. Jahrgangsstufe nach der vergleichenden Wahrnehmung ihres erhaltenen Unterrichts in der Primarstufe und in der Sekundarstufe gefragt wurden.

Im Bereich der selbstbezogenen Variablen konnten signifikante Rückgänge nur bei den Schülerinnen und Schülern beobachtet werden, die nach dem Schulstufenwechsel ein Gymnasium besuchten. Ob diese Entwicklungen auch nach dem Schulstufenübergang entsprechend weiterverlaufen, werden Auswertungen der weiteren Messzeitpunkte zeigen. Auch hier werden Ergebnisse von Interviews mit Siebtklässlern zum Zusammenhang von Unterricht und ihrem Interesse am physikbezogenen Sachunterricht bzw. am Physikunterricht und an Physik vermutlich weitere Hinweise zum Zusammenhang von Unterrichtsgestaltung und der Entwicklung von

Interessen bringen. Um die Bedeutung des Unterrichts für die Entwicklung von motivationalen und selbstbezogenen Zielvariablen zu untersuchen, sind darüber hinaus Analysen zum Zusammenhang zwischen individuellen Wahrnehmungen von Unterricht und interessens- und selbstbezogenen Zielkriterien geplant.

Eine weitere Arbeit zum Grundschulbereich untersuchte, inwieweit sich Multimedia- und Modalitätseffekte bei Kindern mit expositorischen naturwissenschaftlichen Texten im realistischen Schulkontext zeigen. Insgesamt kann festgehalten werden, dass Multimediaeffekte im schultypischen split-attention Format bei Viertklässlern fast nicht auftreten. Die Ergebnisse hinsichtlich der *im Text fokussierten Informationen* und hinsichtlich der *im Bild fokussierten Informationen* weisen zudem darauf hin, dass Bilder in diesem Format die Aufmerksamkeit der Grundschüler auf sich ziehen (*shift of attention*) und vom Text weglenken können. Modalitätseffekte zeigen sich hingegen auch bei Viertklässlern.

Insgesamt betrachtet leisten die zum Schulstufenübergang durchgeführten Studien Aufklärung über eine Phase im Schulsystem, die bei zunehmender hoher Relevanz für die Lernentwicklung von Kindern und Jugendlichen bisher unter der Perspektive des physikbezogenen Lehrens und Lernens noch wenig im Fokus stand. Die Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass an Forschungen, die sich auf unterschiedliche Systeme wie auch auf unterschiedliche Altersgruppen (4. bis 7. Klasse) beziehen, hohe methodische Anforderungen gestellt werden. So mussten sowohl die Fragebögen als auch die Videoanalyseinstrumente auf verschiedene Schulstufen, Schultypen und Alterskohorten anwendbar sein.

Das Problem der Erfassung von Leistung in unterschiedlich starken Leistungsgruppen und Alterskohorten war ebenfalls Gegenstand der Untersuchungen zum Schulstufenübergang. Es wurde ein zeiteffizientes Testinstrument entwickelt, mit dem Facetten naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen bei Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 5 bzw. 7 in verschiedenen Schulformen gemessen werden können. Im Gegensatz zu anderen Testinstrumenten (z.B. IGLU-E 2003, TIMSS 2007) gelang es hier, Schülerleistungen im unteren Leistungssegment (Jahrgangsstufe 5; Hauptschule) mit abzubilden. Zentrale Ergebnisse zu vorhandenen Fehlvorstellungen aus der Fachliteratur zu *Scientific Inquiry* und *Scientific Reasoning* konnten im Rahmen der Datenanalyse repliziert werden, was u.a. als Hinweis für die Validität des Testinstruments gewertet wurde. Auch der Nachweis der Gültigkeit des Kompetenzmodells ist weitestgehend gelungen.

Zu Beginn des Kapitels wurden die hier zusammengefassten Studien in ein Modell eingeordnet, dass der Erfassung von Unterrichtsqualität dient. Angenommene Zusammenhänge zwischen Lehrperson, Angebot und Nutzung von Unterricht sowie Eingangsvoraussetzungen und Zielkriterien des Unterrichts konnten mit den vorliegenden Ergebnissen gestützt werden. Offen ist allerdings noch die Frage, inwiefern solche Zusammenhänge durch die Schulform moderiert werden. So könnte es zum Beispiel sein, dass sich in der Grundschule motivationale Merkmale der professionellen Kompetenz von Lehrkräften stärker auf Zielkriterien auswirken als in den weiterführenden Schulen. Eine Untersuchung schulstufenspezifischer Zusammenhänge hinsichtlich wirksamer Merkmale für Unterrichtsqualität scheint für die weitere Forschung ein lohnendes Feld zu sein.

2.8 Literatur

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Akerson, V. (2005). How do Elementary Teachers Compensate for Incomplete Science Content Knowledge? *Research in Science Education*, 35(2), 245-268. doi: 10.1007/s11165-005-3176-8
- Appleton, K. (2008). Elementary science teaching. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 493-535). New York, NY: Routledge.
- Bar, V. & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363-382.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469-520.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29-53). Münster: Waxmann.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A.,...Tsay, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47, 133-180. doi: 10.3102/0002831209345157
- Baumert, J., Stanat, P., & Watermann, R. (Hrsg.). (2006). *Herkunftsbedingte Disparitäten im Bildungswesen*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Baumert, J., Watermann, R., & Schümer, G. (2003). Disparitäten der Bildungsbeteiligung und des Kompetenzerwerbs. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 6, 46-72.
- Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Samuel, D. & Kempa, R. F. (1976). The attitude of high school students to the use of filmed experiments in laboratory instruction. *Journal of Chemical Education* (53), 575-577.
- Bergin, D. A. (1999). Influences on Classroom Interest. In *Educational Psychologist*, 34(2), 87-98.

- Blömeke, S., Seeber, S., Lehmann, R., Kaiser, G., Schwarz, B., Felbrich, A. et al. (2008). Messung des fachbezogenen Wissens angehender Mathematiklehrkräfte. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung* (S. 49-88). Münster: Waxmann.
- Blumberg, E. (2008). *Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule – Eine Studie zum Einfluss von Strukturierung in schülerorientierten Lehr-Lernumgebungen auf das Erreichen kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen*. Dissertation, Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Zugriff am 13.11.2012 http://miami.uni-muenster.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-4830/diss_blumberg.pdf
- Borko, H. & Putnam, R. T. (1996). Learning to teach. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 673-708). Washington: MacMillan.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 177-212). Göttingen: Hogrefe.
- Brookhart, S. M. & Freeman, D. J. (1992). Characteristics of Entering Teacher Candidates. *Review of Educational Research*, 62(1), 37-60. doi: 10.3102/00346543062001037
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T.,...Neubrand, M., (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4, 521-544.
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific Reasoning: Developmental and Individual differences. In F. E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Individual development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study* (pp. 38-54). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität?. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Hrsg.), *Scientific literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21-44). Opladen: Leske u. Budrich.
- Carney, R. N. & Levin, J. R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review*, 14, 5-26.
- Cheung, D. (2009). Student's Attitudes Toward Chemistry Lessons: The Interaction Effect between Grade Level and Gender. *Research in Science Education*, 39(1), 75-91.
- Clausen, M. (2002). *Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Empirische Analysen zur Übereinstimmung, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität*. Münster: Waxmann.
- De Westelinck, K., Valcke, M., De Craene, B. & Kirschner, P. (2005). Multimedia learning in social sciences: Limitations of external graphical representations. *Computers in Human Behavior*, 21, 555-573.
- Draxler, C. (2007). *Facetten professioneller Handlungskompetenz von Physik- und Sachunterrichtslehrerinnen und -lehrern*. Dissertation, Universität Duisburg Essen. Zugriff am 13.11.2012 <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-17798/Diss.Draxler.pdf>
- Duit, R. (1997). Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht - Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht der Primarstufe. In

- W. Köhnlein, B. Marquard-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt* (S. 233-246). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Evertson, C. M. & Weinstein, C. S. (Eds.). (2006). *Handbook of Classroom Management: Research, Practice, and Contemporary Issues*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ewerhardy, A. (2011): *Zusammenhänge zwischen Verständnisorientierung von naturwissenschaftsbezogenem Sachunterricht und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Lernenden der Grundschule*. Dissertation, Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Zugriff am 13.11.2012 http://miami.uni-muenster.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-6142/diss_ewerhardy.pdf
- Ewerhardy, A., Kleickmann, T. & Möller, K. (2012). Fördert ein konstruktivistisch orientierter naturwissenschaftlicher Sachunterricht mit strukturierenden Anteilen das konzeptuelle Verständnis bei den Lernenden? In *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 5, 76-88.
- Feger, B. (1984). Die Generierung von Testitems zu Lehrtexten. *Diagnostica*, 30, 24-46.
- Fletcher, J. D. & Tobias, S. (2005). The multimedia principle. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 117-133). Cambridge: Cambridge University Press.
- Fricke, K., van Ackeren, I., Kauertz, A. & Fischer, H. E. (2012). Students' perceptions of their teacher's classroom management in elementary and secondary science lessons. In T. Wubbels, J. van Tartwijk, P. den Brok & J. Levy (Eds.), *Interpersonal relationships in education* (pp.167-185). Rotterdam: Sense Publishers.
- Forbes, C. T., Biggers, M. & Zangori, L. (in press). Investigating Essential Characteristics of Scientific Practices in Elementary Science Learning Environments: The Practices of Science Observation Protocol (P-SOP). *School Science and Mathematics*.
- Gais, B. & Möller, K. (2005, März). *Verstehen förderndes Lehrerhandeln im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – eine Videostudie*. Tagungsbeitrag zur 14. Jahrestagung der GDSU vom 10.-12. März 2005 in Ludwigsburg.
- Gardner, P.L. (1998). The development of males' and females' interests in science and technology. In L. Hoffmann, A. Krapp, K. A. Renninger & J. Baumert (Eds.), *Interest and Learning* (pp. 41-57). Kiel: IPN.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867-887.
- Gess-Newsome, J. (1999). Expanding questions and extending implications: A response to the paper set. *Science Education*, 83, 385-391.
- Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction*, 15, 313-331.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher. Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen: Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung*. Münster: Waxmann.
- Halim, L. & Meerah, S. M. (2002). Science Trainee Teachers' Pedagogical Content Knowledge and its Influence on Physics Teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 215-225. doi: 10.1080/0263514022000030462
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking". *Journal of Educational Psychology*, 98, 307-326.

- Harlen, W. (1992). Research and the development of science in the primary school. *International Journal of Science Education*, 14(5), 491-503.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000a). *Kognitiver Fähigkeits-Test für 5.-12./13. Klassen. Revision-Materialien-Manual-Koffer*. Göttingen: Beltz Test.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000b). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen Revision (KFT 4-12+R)*. Göttingen: Hogrefe.
- Helmke, A. (2010). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Herrlinger, S. (2011). *Multimedia Learning in Primary Schools: Multimedia, Modality Effects and Attentional Guidance*. Dissertation, Universität Duisburg-Essen. Zugriff am 13.11.2012 http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-31043/diss_herrlinger.pdf
- Hill, H. C., Rowan, B. & Ball, D. L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42, 371-406.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Hofstein, A. (2004). The Laboratory in Chemistry Education: Thirty Years of Experience with Developments, Implementation, and Research. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 247-264.
- Hugener, I. (2006). Sozialformen und Lektionsdauer. In E. Klieme, C. Pauli & H. Reusser (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie. „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“*. Band 15 *Materialien zur Bildungsforschung. Teil 3* (S.55-61). Zürich: Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung.
- Jenkins, E. W. & Pell, R. G. (2006). *The relevance of science education project (ROSE) in England: A summary of findings*. Leeds, UK: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Kauertz, A. (2007). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Berlin: Logos.
- Klauer, K. J. (1987). *Kriteriumsorientierte Tests*. Lehrbuch der Theorie und Praxis lehrzielorientierten Messens. Göttingen: Hogrefe.
- Kleickmann, T. (2008). *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen Verständnis*. Dissertation, Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Zugriff am 13.11.2012 http://miami.uni-muenster.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-4801/diss_kleickmann.pdf
- Kleickmann, T. (2011). Was passiert mit dem Interesse an Physik im Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe? In D. Kucharz, T. Irion & B. Reinthoffer (Hrsg.), *Grundlegende Bildung ohne Brüche* (S. 223-226). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective.. *Learning and Instruction*, 12, 383-409. doi: 10.1016/S0959-4752(01)00011-1
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. et al. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teach-

- ers. *Journal of Educational Psychology*, 100, 716-725. doi: 10.1037/0022-0663.100.3.716
- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. et al. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. (S. 31-53). Münster: Waxmann.
- Kunter, M. (2011). Motivation als Teil der professionellen Kompetenz - Forschungsbefunde zum Enthusiasmus von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 259-275). Münster: Waxmann.
- Kunter, M., Frenzel, A., Nagy, G., Baumert, J. & Pekrun, R. (2011). Teacher enthusiasm: Dimensionality and context specificity. *Contemporary Educational Psychology*, 36(4), 289-301. doi: 10.1016/j.cedpsych.2011.07.001
- Kunter, M., Tsai, Y.-M., Klusmann, U., Brunner, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2008). Students' and mathematics teachers' perceptions of teacher enthusiasm and instruction. *Learning and Instruction*, 18(5), 468-482. doi: 10.1016/j.learninstruc.2008.06.008
- Lange, K. (2010). *Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem fachspezifisch-pädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschülerinnen und -schülern*. Dissertation, Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Zugriff am 13.11.2012 http://miami.uni-muenster.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-5861/diss_lange.pdf
- Lange, K., Kleickmann, T. & Möller, K. (2011). Unterschiede im naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissen (PCK) von Grundschul- und Sekundarschullehrkräften. In D. Kucharz, T. Irion & B. Reinthoffer (Hrsg.), *Grundlegende Bildung ohne Brüche* (Jahrbuch Grundschulforschung: Bd. 15, S. 223-226). Wiesbaden: VS.
- Lange, K., Kleickmann, T. & Möller, K. (2012). Die Bedeutung des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften für Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern im Sachunterricht der Grundschule. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön et al. (Hrsg.), *Formate fachdidaktischer Forschung. Empirische Projekte - historische Analysen - theoretische Grundlegungen* (S. 315-334). Münster: Waxmann.
- Lange, K., Kleickmann, T., Tröbst, S. & Möller, K. (2012). Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 55-76.
- Leinhardt, G. & Smith, D. A. (1985). Expertise in Mathematics Instruction: Subject Matter Knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 77(3), 247-271.
- Lenhard, W. & Schneider, W. (2006). *ELFE 1-6. Ein Leseverstehenstest für Erst- bis Sechstklässler*. Göttingen: Hogrefe.
- Leutner, D., Hartig, J. & Jude, N. (2008). Measuring competencies: Introduction to concepts and questions of assessment in education. In J. Hartig, E. Klieme & D. Leutner (Eds.), *Assessment of competencies in educational contexts* (pp. 177-192). Göttingen: Hogrefe.

- Lipowsky, F. (2007). Was wissen wir über guten Unterricht? Im Fokus: die fachliche Lernentwicklung. In G. Becker, A. Feindt, H. Meyer, M. Rothland, L. Stäudel & E. Terhart (Hrsg.), *Guter Unterricht. Maßstäbe & Merkmale - Wege & Werkzeuge* (S. 26-30). Seelze: Friedrich.
- Low, R. & Sweller, J. (2005). The modality principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 147-158). Cambridge: Cambridge University Press.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (Vol. 6, pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer.
- Mannel, S. (2011). *Assessing scientific inquiry. Development and evaluation of a test for the low-performing stage*. (Vol. 111). Berlin: Logos Verlag.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59, 14-19.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning: Second edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Möller, K. (2002). Anspruchsvolles Lernen in der Grundschule - am Beispiel naturwissenschaftlich-technischer Inhalte. *Pädagogische Rundschau*, 56(4), 411-435.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule - Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merrens (Hrsg.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen* (S. 65-84). Opladen: Leske + Budrich.
- Möller, K., Kleickmann, T. & Sodian, B. (2011). Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. In W. Einsiedler, M. Götz, A. Hartinger, F. Heinzel, J. Kahlert & U. Sandfuchs (Hrsg.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik*. (S. 509-517). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Ohle, A. (2010). *Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement*. Dissertation, Universität Duisburg-Essen. Berlin: Logos.
- Ohle, A., Fischer, H. E. & Kauertz, A. (2011). Der Einfluss des physikalischen Fachwissens von Primarstufenlehrkräften auf Unterrichtsgestaltung und Schülerleistung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 357-388.
- Ohle, A., Kauertz, A. & Fischer, H.E. (2010). Fachspezifisches Professionswissen von Lehrkräften im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe. In H. Giest und D. Pech (Hrsg.), *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (Band 20, S. 155-168). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Osborne, R. & Cosgrove, M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- Oser, F. K., & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Ed.), *AERA's Handbook of Research on Teaching* (4th ed., pp. 1031-1065). Washington: American Educational Research Association.
- Peeck, J. (1974). Retention of pictorial and verbal content of a text with illustrations. *Journal of Educational Psychology*, 66, 880-888.

- Peeck, J. (1993). Increasing picture effects in learning from illustrated text. *Learning and Instruction*, 3, 227-238.
- Pfeifer, P., Häußler, P. & Lutz, B. (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. Oldenbourg: Oldenbourg Schulbuchverlag.
- Pohlmann, B. & Möller, J. (2010). Fragebogen zur Erfassung der Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums (FEMOLA)1. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 24(1), 73-84. doi: 10.1024/1010-0652/a000005
- Prenzel, M., Geisler, H., Langeheine, R. & Lobemeier, K. (2003): Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschulzeit. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther, & R. Valtin (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 143-187). Münster: Waxmann.
- Rakoczy, K. & Pauli, C. (2006). Hoch-inferentes Rating: Beurteilung der Qualität unterrichtlicher Prozesse. In I. Hugener, C. Pauli & K. Reusser (Hrsg.), *Videoanalyse. Teil 3 der Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“* (S. 206-233). Frankfurt a. M.: GFPP.
- Retelsdorf, J. & Möller, J. (2012). Grundschule oder Gymnasium? Zur Motivation ein Lehramt zu studieren. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 26(1), 5-17. doi: 10.1024/1010-0652/a000056
- Reyer, T., Trendel, G. & Fischer, H. E. (2004). Was kommt beim Schüler an? – Lehrerintentionen und Schülerlernen im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 195-211). Münster: Waxmann.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion*. 2., vollst. überarb. u. erw. Aufl. Bern u.a.: Huber.
- Sanders, L. R., Borko, H., & Lockard, J. D. (1993). Secondary science teachers' knowledge base when teaching science courses in and out of their area of certification. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 723-736.
- Schönbächler, M.-T. (2005). *Klassenmanagement auf der Primarstufe – Dokumentation zur Datenerhebung bei den Lehrpersonen und bei den Schülerinnen und Schülern*. Bern: Druckerei der Universität.
- Scott, P. H., Asoko, H. & Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: a review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Proceedings of an International Workshop in Bremen (Vol. 131, pp. 310-329). Kiel: IPN.
- Seaton, M., Marsh, H. W. & Craven, R. G. (2010). Big-Fish-Little-Pond-Effect: Generalizability and Moderation - Two Sides of the Same Coin. *American Educational Research Journal*, 47, 390-433.
- Segers, E., Verhoeven, L. & Hulstijn-Hendrikse, N. (2008). Cognitive processes in children's multimedia text learning. *Applied Cognitive Psychology*, 22, 375-387.
- Seidel, T. (2003). *Lehr-Lernskripts im Unterricht. Freiräume und Einschränkungen für kognitive und motivationale Lernprozesse – eine Videostudie im Physikunterricht*. Münster: Waxmann.

- Seidel, T. (2003). Videobasierte Kodierverfahren in der IPN Videostudie Physik – ein methodischer Überblick. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (S.99-111). Kiel: IPN.
- Seidel, T., Dalehefte I. M. & Meyer, L. (2001). Videoanalysen – Beobachtungsschemata zur Erfassung von „Sicht-Strukturen“ im Physikunterricht. In M. Prenzel, R. Duit, M. Euler, M. Lehrke & T. Seidel (Hrsg.), *Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – eine Videostudie* (S.41-58). Kiel: IPN.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Smith, D. C. & Neale, D. C. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and Teacher Education*, 5(1), 1-20.
- Speering, W. & Rennie, L. (1996). Students' perceptions about science: The impact of transition from primary to secondary school. *Research in Science Education*, 26, 283-298.
- Stern, E. & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichtes. In D. Lenzen, J. Baumert, R. Watermann & U. Trautwein (Hrsg.), *PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung* (S. 25-36). Wiesbaden: VS. (= Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. 3. Beiheft)
- Tabbers, H. K., Martens, R. L. & van Merriënboer, J. J. G. (2004). Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. *British Journal of Educational Psychology*, 74, 71-81.
- Tesch, M. & Duit, R. (2001). Videoanalysen – Kategorien zur Analyse des Experiments. In M. Prenzel, R. Duit, M. Euler, M. Lehrke & T. Seidel (Hrsg.), *Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – eine Videostudie* (S.95-109). Kiel: IPN.
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Trautwein, U. & Baeriswyl, F. (2007). Wenn leistungsstarke Klassenkameraden ein Nachteil sind. Referenzgruppeneffekte bei Übertrittsentscheidungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 21(2) 119 - 133.
- Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447 - 467.
- van Driel, J. H., Verloop, N. & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- Vandenberg, R. J. & Lance, C. E. (2000). A review and synthesis of the measurement invariance literature: Suggestions, practices, and recommendations for organizational research. *Organizational Research Methods*, 3, 4-70. doi:10.1177/109442810031002
- Vehmeier, J. (2010). *Kognitiv anregende Verhaltensweisen von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Konzeptualisierung und Erfassung*. Westfälische Wilhelms-Universität Münster.

- Wackermann, R. (2007). *Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer*. Dissertation an der Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Physik
- Walper, L., Lange, K., Kleickmann, T. & Möller, K. (2012, März). *Wie entwickeln sich physikbezogene Interessen und selbstbezogene Kognitionen von SchülerInnen? Eine längsschnittliche Analyse im Rahmen des Schulstufenübergangs*. Vortrag präsentiert auf der 21. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts, Berlin.
- Walpuski, M., Kampa, N., Kauertz, A. & Wellnitz, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *MNU*, 61(6), 323–326.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.
- Widodo, A. & R. Duit (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 232-254.
- Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität*. Göttingen: Hogrefe.
- Wirz, C., Fischer, H. E., Reyer, T. & Trendel, G. (2005). Lehrvoraussetzungen von Lehrerinnen und Lehrern in Physik- und Sachunterricht. In A. Pitton (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung* (S. 92-94). Münster: Lit.
- Wittwer, J., Saß, S. & Prenzel, M. (2008). Naturwissenschaftliche Kompetenz im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In W. Bos, M. Bonsen, J. Baumert, M. Prenzel, C. Selzer & G. Walther (Hrsg.), *TIMSS 2007. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 87-124). Münster: Waxmann.